

EXPRESS MAIL NO. EV 327 133 471 US

DATE OF DEPOSIT 8/6/03

Our File No. 9281-4617

Client No. N US02032

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:)
Naoya Hasegawa)
Serial No. To be Assigned)
Filing Date: Herewith)
For Giant Magnetoresistive Element)


SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENT

Mail Stop Patent Application
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

Transmitted herewith is a certified copy of priority document Japanese Patent Application No.2002-238319, filed August 19, 2002 for the above-named U.S. application.

Respectfully submitted,



Gustavo Siller, Jr.
Registration No. 32,305
Attorney for Applicant

BRINKS HOFER GILSON & LIONE
P.O. BOX 10395
CHICAGO, ILLINOIS 60610
(312) 321-4200

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日
Date of Application:

2002年 8月19日

出願番号
Application Number:

特願2002-238319

[ST.10/C]:

[JP2002-238319]

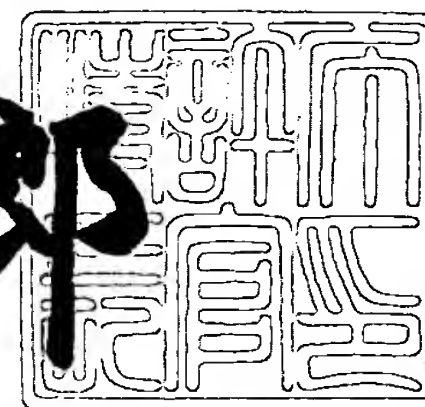
出願人
Applicant(s):

アルプス電気株式会社

2003年 3月24日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3019618

【書類名】 特許願

【整理番号】 P4889

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 43/08
G11B 5/39

【発明の名称】 巨大磁気抵抗効果素子及びその製造方法

【請求項の数】 36

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプス電気株式会
社内

【氏名】 長谷川 直也

【特許出願人】

【識別番号】 000010098

【氏名又は名称】 アルプス電気株式会社

【代理人】

【識別番号】 100083286

【弁理士】

【氏名又は名称】 三浦 邦夫

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 001971

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0113245

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 巨大磁気抵抗効果素子及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第 1 反強磁性層；

前記第 1 反強磁性層上に形成され、該第 1 反強磁性層との交換結合磁界により磁化方向が固定された固定磁性層；

前記固定磁性層上に形成された非磁性材料層；

前記非磁性材料層上に形成され、外部磁界に応じて中央部の磁化方向が変化するフリー磁性層；

前記フリー磁性層のトラック幅方向の両側端部上に形成された非磁性層；

前記非磁性層上に形成された強磁性層；及び

前記強磁性層上に形成され、該強磁性層の磁化方向を前記固定磁性層の磁化方向に直交する方向へ揃える第 2 反強磁性層を備え、

前記非磁性層を介して前記フリー磁性層と前記強磁性層の磁化方向が反平行をなし、少なくとも前記フリー磁性層、前記非磁性層及び前記強磁性層のトラック幅方向の両側端面が連続面をなしていることを特徴とする巨大磁気抵抗効果素子。

【請求項 2】 請求項 1 記載の巨大磁気抵抗効果素子において、前記フリー磁性層のトラック幅方向の寸法 FW と前記強磁性層の同方向の寸法 FL との比 (FW/FL) が 1.1 以上 2.0 以下であることを特徴とする巨大磁気抵抗効果素子。

【請求項 3】 請求項 1 又は 2 記載の巨大磁気抵抗効果素子において、前記第 2 反強磁性層上及び少なくとも前記第 2 反強磁性層から前記固定磁性層までの各層のトラック幅方向の両側端面に接して形成された電極層を備えた巨大磁気抵抗効果素子。

【請求項 4】 請求項 3 記載の巨大磁気抵抗効果素子において、前記電極層は、少なくとも前記第 2 反強磁性層から前記固定磁性層までの各層のトラック幅方向の両側端面に接して形成された第 1 電極層と、この第 1 電極層及び前記第 2 反強磁性層上に形成された第 2 電極層とを備えた巨大磁気抵抗効果素子。

【請求項 5】 請求項 1 ないし 4 のいずれか一項に記載の巨大磁気抵抗効果素子において、前記第 2 反強磁性層は、前記強磁性層上に積層された下部反強磁性層と上部反強磁性層を有し、該下部反強磁性層の膜厚が 2 0 Å 以上 5 0 Å 以下である巨大磁気抵抗効果素子。

【請求項 6】 請求項 5 記載の巨大磁気抵抗効果素子において、前記下部反強磁性層と前記上部反強磁性層の合計膜厚が 8 0 Å 以上 3 0 0 Å 以下である巨大磁気抵抗効果素子。

【請求項 7】 請求項 5 又は 6 記載の巨大磁気抵抗効果素子において、前記下部反強磁性層と前記上部反強磁性層との間には非磁性保護層が介在しており、該非磁性保護層の膜厚は 3 Å 以下である巨大磁気抵抗効果素子。

【請求項 8】 請求項 7 記載の巨大磁気抵抗効果素子において、前記非磁性保護層を構成する元素が前記上部反強磁性層または前記下部反強磁性層の内部に混在している巨大磁気抵抗効果素子。

【請求項 9】 請求項 7 または 8 記載の巨大磁気抵抗効果素子において、前記非磁性保護層または非磁性保護層を構成する元素は、R u、R h、P d、I r、O s、R e、C r、C u、P t、A u のいずれか 1 種または 2 種以上である巨大磁気抵抗効果素子。

【請求項 1 0】 請求項 1 ないし 9 のいずれか一項に記載の巨大磁気抵抗効果素子において、前記フリー磁性層及び前記強磁性層が N i F e 合金、C o、C o F e 合金、C o N i 合金及び C o F e N i 合金のいずれかで形成されている巨大磁気抵抗効果素子。

【請求項 1 1】 請求項 1 ないし 1 0 のいずれか一項に記載の巨大磁気抵抗効果素子において、前記フリー磁性層及び前記強磁性層が同一の磁性材料で形成され、前記強磁性層の膜厚が前記フリー磁性層よりも薄い巨大磁気抵抗効果素子。

【請求項 1 2】 請求項 1 ないし 1 0 のいずれか一項に記載の巨大磁気抵抗効果素子において、前記フリー磁性層及び前記強磁性層がそれぞれ単層で形成され、該フリー磁性層及び強磁性層のうち少なくとも一方が C o F e N i 合金で形成されている巨大磁気抵抗効果素子。

【請求項 1 3】 請求項 1 ないし 1 0 のいずれか一項に記載の巨大磁気抵抗効果素子において、前記フリー磁性層が N i F e 合金層と C o F e 合金層とからなる積層体で形成され、前記強磁性層が C o F e 合金層と N i F e 合金層とからなる積層体で形成されている巨大磁気抵抗効果素子。

【請求項 1 4】 請求項 1 ないし 1 3 のいずれか一項に記載の巨大磁気抵抗効果素子において、前記非磁性層は、R u、R h、P d、I r、O s、R e、C r、C u、P t、A u のうちいずれか 1 種又は 2 種以上で形成されている巨大磁気抵抗効果素子。

【請求項 1 5】 請求項 1 ないし 1 4 のいずれか一項に記載の巨大磁気抵抗効果素子において、前記第 1 反強磁性層及び／又は前記第 2 反強磁性層は、P t M n 合金、X - M n（ただし、X は P d、I r、R h、R u、O s、N i、F e のいずれか 1 種又は 2 種以上の元素である）合金、又は P t - M n - X'（ただし、X' は P d、I r、R h、R u、A u、A g、O s、C r、N i、A r、N e、X e、K r のいずれか 1 種又は 2 種以上の元素である）合金で形成されている巨大磁気抵抗効果素子。

【請求項 1 6】 （a）基板上に、第 1 反強磁性層、固定磁性層、非磁性材料層、フリー磁性層及び非磁性層を順次積層する工程；

（b）第 1 の熱処理を行ない、前記第 1 反強磁性層と前記固定磁性層の間に交換結合磁界を生じさせて該固定磁性層の磁化方向を固定する工程；

（c）低エネルギーイオンミリングにより前記非磁性層の表面クリーニングを行なう工程；

（d）前記非磁性層上に強磁性層及び第 2 反強磁性層を順次積層する工程；

（e）前記第 2 反強磁性層上に、トラック幅領域に対応する範囲に位置させてレジスト層を形成する工程；

（f）少なくとも前記第 2 反強磁性層、前記強磁性層、前記非磁性層及び前記フリー磁性層の、前記レジスト層のトラック幅方向の両側から露出する部分を除去する工程；

（g）前記レジスト層を除去し、前記第 2 反強磁性層上のトラック幅領域外に電極層を形成する工程；

(h) 前記電極層をマスクとしてエッチングを行ない、トラック幅領域内の前記第2反強磁性層、前記強磁性層及び前記非磁性層の一部を除去する工程；及び

(i) 第2の熱処理を行ない、前記第2反強磁性層と前記強磁性層の間に交換結合を生じさせて該強磁性層の磁化方向を前記固定磁性層の磁化方向に直交する方向へ固定する工程；を有し、

前記(a)及び前記(d)工程では、前記フリー磁性層の単位面積あたりの磁気モーメントが前記強磁性層の単位面積あたりの磁気モーメントよりも大きくなるように前記フリー磁性層及び前記強磁性層を形成し、

前記(c)工程では、前記低イオンエネルギーミリングにより、前記非磁性層を、前記フリー磁性層と強磁性層との間に生じるRKKY的な結合エネルギーが反平行の第1ピーク値又は第2ピーク値となる膜厚まで削り、

前記(f)工程では、少なくとも前記第2反強磁性層から前記フリー磁性層までの各層のトラック幅方向の両側端面を連続面とすることを特徴とする巨大磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項17】 請求項16記載の巨大磁気抵抗効果素子の製造方法において、前記フリー磁性層のトラック幅方向の寸法FWと前記強磁性層の同方向の寸法FLとの比(FW/FL)を1.1以上2.0以下にする巨大磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項18】 請求項16または17記載の巨大磁気抵抗効果素子の製造方法において、前記(g)工程に替えて、(j)少なくとも前記第2反強磁性層から前記固定磁性層までの各層のトラック幅方向の両側端面に接触させて第1電極層を形成する工程と、(k)レジスト層を除去する工程と、(l)前記第1電極層上及び前記第2反強磁性層のトラック幅領域外上に第2電極層を形成する工程とを有する巨大磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項19】 請求項16ないし18のいずれか一項に記載の巨大磁気抵抗効果素子の製造方法において、前記フリー磁性層及び前記強磁性層をNiFe合金、Co、CoFe合金、CoNi合金及びCoFeNi合金のいずれかで形成する巨大磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項20】 請求項16ないし19のいずれか一項に記載の巨大磁気抵

抗効果素子の製造方法において、前記フリー磁性層及び前記強磁性層を同一の磁性材料で形成し、前記強磁性層を前記フリー磁性層よりも薄い膜厚で形成する巨大磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項 2 1】 請求項 1 6 ないし 1 9 のいずれか一項に記載の巨大磁気抵抗効果素子の製造方法において、前記フリー磁性層及び前記強磁性層をそれぞれ単層で形成し、該フリー磁性層及び強磁性層のうち少なくとも一方を C o F e N i 合金で形成する巨大磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項 2 2】 請求項 1 6 ないし 1 9 のいずれか一項に記載の巨大磁気抵抗効果素子の製造方法において、前記フリー磁性層が N i F e 合金層と C o F e 合金層とからなる積層体で形成され、前記強磁性層が C o F e 合金層と N i F e 合金層とからなる積層体で形成されている巨大磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項 2 3】 請求項 1 6 ないし 2 2 のいずれか一項に記載の巨大磁気抵抗効果素子の製造方法において、前記非磁性層は、R u、R h、P d、I r、O s、R e、C r、C u、P t、A u のうちいずれか 1 種又は 2 種以上で形成されている巨大磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項 2 4】 請求項 1 6 ないし 2 3 のいずれか一項に記載の巨大磁気抵抗効果素子の製造方法において、前記第 1 反強磁性層及び／又は前記第 2 反強磁性層は、P t M n 合金、X - M n（ただし、X は P d、I r、R h、R u、O s、N i、F e のいずれか 1 種又は 2 種以上の元素である）合金、又は P t - M n - X'（ただし、X' は P d、I r、R h、R u、A u、A g、O s、C r、N i、A r、N e、X e、K r のいずれか 1 種又は 2 種以上の元素である）合金で形成されている巨大磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項 2 5】 （m）基板上に、第 1 反強磁性層、固定磁性層、非磁性材料層、フリー磁性層、非磁性層、強磁性層、下部反強磁性層及び非磁性保護層を順次積層する工程；

（n）第 1 の熱処理を行ない、前記第 1 反強磁性層と前記固定磁性層の間に交換結合磁界を生じさせて該固定磁性層の磁化方向を固定する工程；

（o）低エネルギーイオンミリングにより前記非磁性保護層の表面クリーニングを行なう工程；

(p) 前記非磁性保護層上に上部反強磁性層を積層する工程；

(r) 前記上部反強磁性層上に、トラック幅領域に対応する範囲に位置させてレジスト層を形成する工程；

(s) 少なくとも前記上部反強磁性層、前記非磁性保護層、前記下部反強磁性層、前記強磁性層、前記非磁性層及び前記フリー磁性層の、前記レジスト層のトラック幅方向の両側から露出する部分を除去する工程；

(t) 前記レジスト層を除去し、前記上部反強磁性層上のトラック幅領域外に電極層を形成する工程；

(u) 前記電極層をマスクとしてエッチングを行ない、トラック幅領域内の前記上部反強磁性層、前記非磁性保護層、前記下部反強磁性層、前記強磁性層及び前記非磁性層の一部を除去する工程；及び

(v) 第2の熱処理を行ない、前記下部反強磁性層と前記強磁性層との間に交換結合を生じさせて該強磁性層の磁化方向を前記固定磁性層の磁化方向に直交する方向へ固定する工程；を有し、

前記(m)工程では、前記フリー磁性層の単位面積あたりの磁気モーメントが前記強磁性層の単位面積あたりの磁気モーメントよりも大きくなるように前記フリー磁性層及び前記強磁性層を形成し、且つ、前記非磁性層を前記フリー磁性層と前記強磁性層との間に生じるRKKY的な結合エネルギーが反平行の第1ピーク値又は第2ピーク値となる膜厚で形成し、

前記(s)工程では、少なくとも前記上部反強磁性層から前記フリー磁性層までの各層のトラック幅方向の両側端面を連続面とすることを特徴とする巨大磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項26】 請求項25記載の巨大磁気抵抗効果素子の製造方法において、前記フリー磁性層のトラック幅方向の寸法FWと前記強磁性層の同方向の寸法FLとの比(FW/FL)を1.1以上2.0以下にする巨大磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項27】 請求項25又は26記載の巨大磁気抵抗効果素子において、前記(m)工程では、前記下部反強磁性層を20Å以上50Å以下の膜厚で成膜すると共に前記非磁性保護層を3Å以上10Å以下の膜厚で成膜し、前記(o)

）工程では、前記非磁性保護層を該膜厚が 3 Å 以下となるまで削る巨大磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項 2 8】 請求項 2 5 ないし 2 7 のいずれか一項に記載の巨大磁気抵抗効果素子の製造方法において、前記下部反強磁性層と前記上部反強磁性層の合計膜厚を 8 0 Å 以上 3 0 0 Å 以下に形成する巨大磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項 2 9】 請求項 2 5 ないし 2 8 のいずれか一項に記載の巨大磁気抵抗効果素子の製造方法において、前記 (t) 工程に替えて、(w) 少なくとも前記第 2 反強磁性層から前記固定磁性層までの各層のトラック幅方向の両側端面に接触させて第 1 電極層を形成する工程と、(x) レジスト層を除去する工程と、(y) 前記第 1 電極層上及び前記上部反強磁性層のトラック幅領域外上に第 2 電極層を形成する工程とを有する巨大磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項 3 0】 請求項 2 5 ないし 2 9 のいずれか一項に記載の巨大磁気抵抗効果素子の製造方法において、前記非磁性保護層を Ru、Rh、Pd、Ir、Os、Re、Cr、Cu、Pt、Au のいずれか 1 種または 2 種以上から形成する巨大磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項 3 1】 請求項 2 5 ないし 3 0 のいずれか一項に記載の巨大磁気抵抗効果素子の製造方法において、前記フリー磁性層及び前記強磁性層を NiFe 合金、Co、CoFe 合金、CoNi 合金及び CoFeNi 合金のいずれかで形成する巨大磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項 3 2】 請求項 2 5 ないし 3 1 のいずれか一項に記載の巨大磁気抵抗効果素子の製造方法において、前記フリー磁性層及び前記強磁性層を同一の磁性材料で形成し、前記強磁性層を前記フリー磁性層よりも薄い膜厚で形成する巨大磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項 3 3】 請求項 2 5 ないし 3 1 のいずれか一項に記載の巨大磁気抵抗効果素子の製造方法において、前記フリー磁性層及び前記強磁性層をそれぞれ単層で形成し、該フリー磁性層及び強磁性層のうち少なくとも一方を CoFeNi 合金で形成する巨大磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項 3 4】 請求項 2 5 ないし 3 1 のいずれか一項に記載の巨大磁気抵抗効果素子の製造方法において、前記フリー磁性層が NiFe 合金層と CoFe

合金層とからなる積層体で形成され、前記強磁性層がC o F e 合金層とN i F e 合金層とからなる積層体で形成されている巨大磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項 3 5】 請求項 2 5 ないし 3 4 のいずれか一項に記載の巨大磁気抵抗効果素子の製造方法において、前記非磁性層は、R u、R h、P d、I r、O s、R e、C r、C u、P t、A uのうちいずれか 1 種又は 2 種以上で形成されている巨大磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項 3 6】 請求項 2 5 ないし 3 4 のいずれか一項に記載の巨大磁気抵抗効果素子の製造方法において、前記第 1 反強磁性層及び／又は前記第 2 反強磁性層は、P t M n 合金、X - M n（ただし、X は P d、I r、R h、R u、O s、N i、F e のいずれか 1 種又は 2 種以上の元素である）合金、又は P t - M n - X'（ただし、X' は P d、I r、R h、R u、A u、A g、O s、C r、N i、A r、N e、X e、K r のいずれか 1 種又は 2 種以上の元素である）合金で形成されている巨大磁気抵抗効果素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の技術分野】

本発明は、ハードディスク装置や磁気センサ等に用いられる巨大磁気抵抗効果素子及びその製造方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来技術およびその問題点】

ハードディスク装置や磁気センサ等に用いられる巨大磁気抵抗効果（G M R）素子では、近年の高記録密度化に伴い、高出力感度化及び狭トラック化が進められている。

【0 0 0 3】

出力感度を向上させるために従来では、フリー磁性層の膜厚を薄くすることで、フリー磁性層の単位面積あたりの磁気モーメント（A r e a l m o m e n t）を小さくし、該磁気モーメントの磁化回転を容易にしている。しかし、フリー磁性層の膜厚が薄くなると、バルクハウゼンノイズや熱ゆらぎノイズ等が増大す

る結果、出力感度は上がってもS/N比を上げられないという弊害が生じてしまう。また従来では、フリー磁性層のバイアス方式として永久磁石膜によるハードバイアス方式が用いられているが、ハードバイアス方式では永久磁石膜に隣接するフリー磁性層の両側端部が強固に磁化固定されるため不感領域が生じ、狭トラック化が進められるとトラック幅領域全域が不感領域となってしまう虞がある。このため、永久磁石膜によるハードバイアス方式では、高記録密度化への適応が難しいと予測されている。

【 0 0 0 4 】

そこで、最近では、フリー磁性層のバイアス方式にエクステンジバイアス方式を採用することが提案されている。周知のようにGMR素子は、第1反強磁性層、固定磁性層、非磁性材料層及びフリー磁性層とを順に積層形成した構造を有するもので、エクステンジバイアス方式を適用した場合には、さらにフリー磁性層の両側端部上に第2反強磁性層及び電極層が積層形成され、第2反強磁性層のトラック幅方向の間隔によりGMR素子のトラック幅が規制される。このエクステンジバイアス方式を用いれば、不感領域がなくなり、狭トラック化が進められても出力感度を良好に確保することができると考えられている。

【 0 0 0 5 】

しかしながら、フリー磁性層内部の隣接するスピン間には、該隣接するスピンの向きを平行にしようとする交換相互作用が働いており、スピンが外部磁界の強さに応じた角度だけ回転するためには、該隣接スピン間に生じた交換相互作用の強さに応じた距離を要する。この交換相互作用の強さは交換スティフネス定数（交換相互作用定数）によって表すことができ、交換スティフネス定数が大きくなるほど、スピンが急激に向きを変えることができず、スピンの回転に要する距離が長くなる。このようにスピンの回転に要する距離が長くなると、トラック幅領域端部での磁化固定が中央部まで強く媒介される結果、出力感度が低下してしまう。この傾向はトラック幅寸法が短くなるほど顕著になり、エクステンジバイアス方式を用いても出力感度を良好に確保することが難しい。この改善策としては交換スティフネス定数の小さい材料によってフリー磁性層を形成することが考えられるが、交換スティフネス定数の小さい材料を用いるとキュリー温度が

低くなってしまうため好ましくない。また、材料の選定だけでは限界がある。

【 0 0 0 6 】

さらに、エクステンジバイアス方式を用いた場合には、以下の問題がある。すなわち、電極層よりも極端に比抵抗の大きい反強磁性層を介してセンス電流がフリー磁性層に流れるため、素子抵抗が大きくなってしまう。素子抵抗が大きくなると、インピーダンスも大きくなるため高周波ノイズが発生しやすく、出力感度が向上しても S N 比をあげることができない。

【 0 0 0 7 】

【発明の目的】

本発明は、従来におけるエクステンジバイアス方式を用いた際の問題意識に基づき、狭トラック化が進められても出力感度を良好に確保できる巨大磁気抵抗効果素子及びその製造方法を得ることを目的とする。また本発明は、素子抵抗を低減可能な巨大磁気抵抗効果素子及びその製造方法を得ることを目的とする。

【 0 0 0 8 】

【発明の概要】

本発明は、フリー磁性層のトラック幅方向に生じる反磁界を利用すれば出力感度を高められること、及び、反強磁性層を介さずにセンス電流を供給すれば素子抵抗を低減できることに着目してなされたものである。

【 0 0 0 9 】

本発明は、第 1 反強磁性層；前記第 1 反強磁性層上に形成され、該第 1 反強磁性層との交換結合磁界により磁化方向が固定された固定磁性層；前記固定磁性層上に形成された非磁性材料層；前記非磁性材料層上に形成され、外部磁界に応じて中央部の磁化方向が変化するフリー磁性層；前記フリー磁性層のトラック幅方向の両側端部上に形成された非磁性層；前記非磁性層上に形成された強磁性層；及び前記強磁性層上に形成され、該強磁性層の磁化方向を前記固定磁性層の磁化方向に直交する方向へ揃える第 2 反強磁性層を備え、前記非磁性層を介して前記フリー磁性層と強磁性層の磁化方向が反平行をなし、少なくとも前記フリー磁性層、前記非磁性層及び前記強磁性層のトラック幅方向の両側端面が連続面をなしていることを特徴としている。

【 0 0 1 0 】

上記構成によれば、フリー磁性層及び強磁性層の両側端面で両層間に静磁結合が生じ、この静磁結合によりフリー磁性層のトラック幅方向に加わる反磁界が弱められる。すなわち、狭トラック化により反磁界が増大しても、フリー磁性層及び強磁性層の磁化の乱れを良好に抑制でき、再生波形の安定性を良好に確保することができる。また、フリー磁性層の両側端部及び強磁性層の磁化方向が第2反強磁性層により強固に固定されているため、狭トラック化により反磁界が増大してもサイドリーディングの発生する虞がない。

【 0 0 1 1 】

フリー磁性層のトラック幅方向の寸法 FW と強磁性層のトラック幅方向の寸法 FL は、その比 FW/FL が 1.1 以上 2.0 以下であることが好ましい。上記範囲内であれば、トラック幅領域（フリー磁性層の中央部）の磁化を外部磁界に対して回転し易くすることができ、出力感度が向上する。なお、強磁性層のトラック幅方向の寸法 FL は、各強磁性層のトラック幅方向の寸法 $FL1$ 、 $FL2$ の合計寸法 $FL1 + FL2$ とする。

【 0 0 1 2 】

以上の巨大磁気抵抗効果素子は、第2反強磁性層上及び該第2反強磁性層から固定磁性層までの各層のトラック幅方向の両側端面に接して形成された電極層を備えることが好ましい。この電極層は、固定磁性層から第2反強磁性層までの各層のトラック幅方向の両側端面に接して形成された第1電極層と、この第1電極層及び第2反強磁性層上に形成された第2電極層とから形成することができる。これらの構成によれば、電極層を形成する導電材料よりも比抵抗が極端に大きい第2反強磁性層を介さずに、センス電流を供給することができる。よって、素子抵抗を良好に抑制することができ、この結果、高周波ノイズの発生が抑えられて SN 比が向上する。

【 0 0 1 3 】

第2反強磁性層は、強磁性層上に積層された下部反強磁性層と上部反強磁性層から形成することができる。この場合、下部反強磁性層は、 20 \AA 以上 50 \AA 以下の膜厚であることが好ましい。この範囲内で下部反強磁性層が形成されれば、

該下部反強磁性層のみが成膜された段階（上部反強磁性層が形成されていない状態）で、下部反強磁性層は反強磁性特性を有さない。よって、固定磁性層の磁化方向を固定するための第 1 の熱処理を行っても、下部反強磁性層と強磁性層との間に交換結合磁界が生じることがない。あるいは生じても弱い。これに対し、下部反強磁性層上に上部反強磁性層が形成されている状態では、熱処理によって強磁性層と下部反強磁性層との間に大きな交換結合磁界を生じさせるため、下部反強磁性層と上部反強磁性層の合計膜厚が 80 Å 以上 300 Å 以下であることが好ましい。

【 0 0 1 4 】

下部反強磁性層と上部反強磁性層との間には、非磁性保護層が介在していてもよい。あるいは、非磁性保護層を構成する元素が下部反強磁性層または上部反強磁性層の内部に混在していてもよい。ただし、非磁性保護層の膜厚は、下部反強磁性層と上部反強磁性層とが一体の反強磁性層として機能できるように、3 Å 以下であることが好ましい。非磁性保護層または非磁性保護層を構成する元素は、Ru、Rh、Pd、Ir、Os、Re、Cr、Cu、Pt、Au のいずれか 1 種または 2 種以上であることが好ましい。なお、上記非磁性保護層は、製造工程中に下部反強磁性層の表面が酸化されないように保護する酸化防止層として機能する。

【 0 0 1 5 】

本発明による巨大磁気抵抗効果素子の製造方法は、第 1 の態様では、（a）基板上に、第 1 反強磁性層、固定磁性層、非磁性材料層、フリー磁性層及び非磁性層を順次積層する工程；（b）第 1 の熱処理を行ない、前記第 1 反強磁性層と前記固定磁性層の間に交換結合磁界を生じさせて該固定磁性層の磁化方向を固定する工程；（c）低エネルギーイオンミリングにより前記非磁性層の表面クリーニングを行なう工程；（d）前記非磁性層上に強磁性層及び第 2 反強磁性層を順次積層する工程；（e）前記第 2 反強磁性層上に、トラック幅領域に対応する範囲に位置させてレジスト層を形成する工程；（f）少なくとも前記第 2 反強磁性層、前記強磁性層、前記非磁性層及び前記フリー磁性層の、前記レジスト層のトラック幅方向の両側から露出する部分を除去する工程；（g）前記レジスト層を除

去し、前記第 2 反強磁性層上のトラック幅領域外に電極層を形成する工程；（h）前記電極層をマスクとしてエッチングを行ない、トラック幅領域内の前記第 2 反強磁性層、前記強磁性層及び前記非磁性層の一部を除去する工程；及び（i）第 2 の熱処理を行ない、前記第 2 反強磁性層と前記強磁性層の間に交換結合を生じさせて該強磁性層の磁化方向を前記固定磁性層の磁化方向に直交する方向へ固定する工程；を有し、前記（a）及び前記（d）工程では、前記フリー磁性層の単位面積あたりの磁気モーメントが前記強磁性層の単位面積あたりの磁気モーメントよりも大きくなるように前記フリー磁性層及び前記強磁性層を形成し、前記（c）工程では、前記低イオンエネルギーミリングにより、前記非磁性層を、前記フリー磁性層と前記強磁性層との間に生じる R K K Y 的な結合エネルギーが反平行の第 1 ピーク値又は第 2 ピーク値となる膜厚まで削り、前記（f）工程では、前記第 2 反強磁性層から前記フリー磁性層までの各層のトラック幅方向の両側端面を連続面とすることを特徴としている。

【 0 0 1 6 】

また本発明の第 2 の態様では、（m）基板上に、第 1 反強磁性層、固定磁性層、非磁性材料層、フリー磁性層、非磁性層、強磁性層、下部反強磁性層及び非磁性保護層を順次積層する工程；（n）第 1 の熱処理を行ない、前記第 1 反強磁性層と前記固定磁性層の間に交換結合磁界を生じさせて該固定磁性層の磁化方向を固定する工程；（o）低エネルギーイオンミリングにより前記非磁性保護層の表面クリーニングを行なう工程；（p）前記非磁性保護層上に上部反強磁性層を積層する工程；（r）前記上部反強磁性層上に、トラック幅領域に対応する範囲に位置させてレジスト層を形成する工程；（s）少なくとも前記上部反強磁性層、前記非磁性保護層、前記下部反強磁性層、前記強磁性層、前記非磁性層及び前記フリー磁性層の、前記レジスト層のトラック幅方向の両側から露出する部分を除去する工程；（t）前記レジスト層を除去し、前記上部反強磁性層上のトラック幅領域外に電極層を形成する工程；（u）前記電極層をマスクとしてエッチングを行ない、トラック幅領域内の前記上部反強磁性層、前記非磁性保護層、前記下部反強磁性層、前記強磁性層及び前記非磁性層の一部を除去する工程；及び（v）第 2 の熱処理を行ない、前記下部反強磁性層と前記強磁性層との間に交換結合

を生じさせて該強磁性層の磁化方向を前記固定磁性層の磁化方向に直交する方向へ固定する工程；を有し、前記（m）工程では、前記フリー磁性層の単位面積あたりの磁気モーメントが前記強磁性層の単位面積あたりの磁気モーメントよりも大きくなるように前記フリー磁性層及び前記強磁性層を形成し、且つ、前記非磁性層を前記フリー磁性層と前記強磁性層との間に生じる R K K Y 的な結合エネルギーが反平行の第 1 ピーク値又は第 2 ピーク値となる膜厚で形成し、前記（s）工程では、前記上部反強磁性層から前記フリー磁性層までの各層のトラック幅方向の両側端面を連続面とすることを特徴としている。

【 0 0 1 7 】

前記フリー磁性層のトラック幅方向の寸法 F W と前記強磁性層の同方向の寸法 F L の比（F W / F L）は、高出力感度を得られるように、1. 1 以上 2. 0 以下とすることが好ましい。

【 0 0 1 8 】

上記各態様において、電極層は、第 2 反強磁性層から固定磁性層までの両側端面に接する第 1 電極層と、この第 1 電極層及び第 2 反強磁性層上に位置する第 2 電極層とから形成することができる。すなわち、第 1 の態様では、（g）工程に替えて、（j）少なくとも前記第 2 反強磁性層から前記固定磁性層までの各層のトラック幅方向の両側端面に接触させて第 1 電極層を形成する工程と、（k）レジスト層を除去する工程と、（l）前記第 1 電極層上及び前記第 2 反強磁性層のトラック幅領域外上に第 2 電極層を形成する工程とを有することができる。第 2 の態様では、（t）工程に替えて、（w）少なくとも前記第 2 反強磁性層から前記固定磁性層までの各層のトラック幅方向の両側端面に接触させて第 1 電極層を形成する工程と、（x）レジスト層を除去する工程と、（y）前記第 1 電極層上及び前記上部反強磁性層のトラック幅領域外上に第 2 電極層を形成する工程とを有することができる。

【 0 0 1 9 】

下部反強磁性層は、20 Å 以上 50 Å 以下の膜厚で成膜することが好ましい。この範囲内であれば、該下部反強磁性層のみが成膜された段階（上部反強磁性層が形成されていない段階）で、下部反強磁性層は反強磁性特性を有さない。よっ

て、固定磁性層の磁化方向を固定するための第1の熱処理を行っても、下部反強磁性層と強磁性層との間に交換結合磁界が生じることがない。あるいは生じても弱い。これに対し、下部反強磁性層上に上部反強磁性層が形成された段階では、熱処理が施されたときに強磁性層と下部反強磁性層との間に大きな交換結合磁界を生じさせるため、下部反強磁性層と上部反強磁性層の合計膜厚を80 Å以上300 Å以下とすることが好ましい。

【0020】

非磁性保護層は、下部反強磁性層の酸化を防止できるように且つ容易に除去できるように、3 Å以上10 Å以下の膜厚で成膜することが好ましく、低エネルギーイオンミリング時に3 Å以下の膜厚に調整されることが好ましい。この場合には、非磁性保護層を介して下部反強磁性層と上部反強磁性層とが結合され、該下部反強磁性層及び上部反強磁性層が一体の反強磁性層として機能する。

【0021】

フリー磁性層及び強磁性層は、NiFe合金、Co、CoFe合金、CoNi合金及びCoFeNi合金のいずれかで形成することができる。これらフリー磁性層及び強磁性層は、同一の磁性材料で形成されることが好ましい。フリー磁性層及び強磁性層が同一の磁性材料で形成される場合には、フリー磁性層の単位面積あたりの磁気モーメントを強磁性層よりも大きくするため、強磁性層の膜厚をフリー磁性層よりも薄くする。また、フリー磁性層及び強磁性層のそれぞれを単層で形成する場合は、該フリー磁性層及び強磁性層のうち少なくとも一方がCoFeNi合金で形成されていることが好ましい。さらに、フリー磁性層及び強磁性層のそれぞれを多層により形成する場合は、フリー磁性層がNiFe合金層とCoFe合金層とからなる積層体で形成され、強磁性層がCoFe合金層とNiFe合金層とからなる積層体で形成されていることが好ましい。

【0022】

非磁性層は、Ru、Rh、Pd、Ir、Os、Re、Cr、Cu、Pt、Auのうちいずれか1種又は2種以上で形成されていることが好ましく、特にRuやCuで形成されるのがよい。

【0023】

第 1 反強磁性層及び／又は第 2 反強磁性層は、PtMn 合金、X-Mn（ただし、X は Pd、Ir、Rh、Ru、Os、Ni、Fe のいずれか 1 種又は 2 種以上の元素である）合金、又は Pt-Mn-X'（ただし、X' は Pd、Ir、Rh、Ru、Au、Ag、Os、Cr、Ni、Ar、Ne、Xe、Kr のいずれか 1 種又は 2 種以上の元素である）合金で形成されていることが好ましい。これら合金により第 1 反強磁性層及び／又は第 2 反強磁性層が形成されれば、熱処理により、第 1 反強磁性層と固定磁性層との間及び／又は第 2 反強磁性層と強磁性層との間に大きな交換結合磁界を生じさせることができる。

【0024】

【発明の実施の形態】

以下、図面に基づいて本発明を説明する。各図において、X 方向はトラック幅方向、Y 方向は記録媒体からの漏れ磁界方向、Z 方向は記録媒体の移動方向及び巨大磁気抵抗効果素子を構成する各層の積層方向である。

【0025】

図 1 は、本発明の第 1 実施形態における巨大磁気抵抗効果（GMR）素子 1 の構造を、記録媒体との対向面側から見て示す模式断面図である。GMR 素子 1 は、例えばハードディスク装置の薄膜磁気ヘッドに用いられ、GMR 効果を利用して記録媒体からの漏れ磁界を検出する。

【0026】

GMR 素子 1 は、アルミナ（ Al_2O_3 ）等の絶縁材料からなる下部ギャップ層 2 上に形成されていて、下部ギャップ層 2 側から順に、シード層 3、第 1 反強磁性層 4、固定磁性層 5、非磁性材料層 6、フリー磁性層 11、非磁性層 13、強磁性層 12、第 2 反強磁性層 14 及び電極層 20 を有している。非磁性層 13、強磁性層 12 及び第 2 反強磁性層 14 は、フリー磁性層 11 の縦バイアス層である。図示されていないが、下部ギャップ層 2 の下には、アルチック基板側から順に、アルミナからなるアンダーコート層、Ta や NiFe 合金等からなる下地層、NiFe 系合金等の磁性材料からなる下部シールド層が形成されていてもよい。

【0027】

シード層 3 は、第 1 反強磁性層 4 及び該第 1 反強磁性層上に積層される各層の結晶成長を整えるための下地層であり、NiFe 合金、NiCr 合金、NiFeCr 合金又は Cr 等で形成される。このシード層 3 と下部ギャップ層 2 との間には、Ta 等からなる下地層が形成されていてもよく、シード層 3 の代わりに上記下地層が形成されていてもよい。

【 0 0 2 8 】

第 1 反強磁性層 4 は、熱処理により固定磁性層 5 との間に大きな交換結合磁界を発生させ、固定磁性層 5 の磁化方向を図示 Y 方向に固定する。この第 1 反強磁性層 4 は、PtMn 合金又は X-Mn（ただし X は、Pd、Ir、Rh、Ru、Os、Ni、Fe のいずれか 1 種又は 2 種以上の元素である）合金で形成される。あるいは、Pt-Mn-X'（ただし X' は、Pd、Ir、Rh、Ru、Au、Ag、Os、Cr、Ni、Ar、Ne、Xe、Kr のいずれか 1 又は 2 種以上の元素である）合金で形成される。これらの合金は、成膜直後の状態では不規則系の面心立方構造（fcc）であるが、熱処理が施されると CuAuI（CuAu1）型の規則型の面心正方構造（fct）に構造変態する。よって、上記合金を用いて第 1 反強磁性層 4 を形成すれば、熱処理を施すことで、固定磁性層 5 との間に大きな交換結合磁界を生じさせることができる。

【 0 0 2 9 】

固定磁性層 5 は、第 1 固定磁性層 5 a、非磁性中間層 5 b 及び第 2 固定磁性層 5 c からなる積層フェリピンド構造をなしており、第 1 固定磁性層 5 a の磁化が第 1 反強磁性層 4 との交換結合によりハイト方向に固定され、第 2 固定磁性層 5 c の磁化が非磁性中間層 5 b を介して第 1 固定磁性層 5 a の磁化方向と 180°異なる向き（反平行）に固定されている。このように固定磁性層 5 が積層フェリピンド構造をとれば、非磁性中間層 5 b を介して生じる第 1 及び第 2 固定磁性層 5 a、5 c 間の反平行結合と、第 1 固定磁性層 5 a 及び第 1 反強磁性層 4 間の交換結合との相乗効果により、固定磁性層 5 の磁化方向をより安定に固定することができる。なお、固定磁性層 5 を単層構造としてもよいのは勿論である。

【 0 0 3 0 】

上記第 1 及び第 2 固定磁性層 5 a、5 c は、強磁性材料により形成されるもの

で、例えばNiFe合金、Co、CoNiFe合金、CoFe合金又はCoNi合金等によって形成される。特に、CoFe合金又はCoによって形成されることが好ましい。また、第1固定磁性層5a及び第2固定磁性層5cは、同一の材料で形成されることが好ましい。非磁性中間層5bは、非磁性材料により形成されるもので、Ru、Rh、Pd、Ir、Os、Re、Cr、Cu、Pt、Auのうちいずれか1種又は2種以上で形成することができる。特にRu又はCuで形成されることが好ましい。

【0031】

非磁性材料層6は、固定磁性層5とフリー磁性層11との磁気的な結合を防止する層であると共に、センス電流が主に流れる層である。この非磁性材料層6は、Cu、Cr、Au又はAg等の導電性を有する非磁性材料によって形成される。特にCuによって形成されることが好ましい。

【0032】

フリー磁性層11は、外部磁界に応じて磁化回転可能な中央部（トラック幅領域）11aと、この中央部11aのトラック幅方向の両側に設けた両側端部11bとを有している。このフリー磁性層11は、単位面積あたりの磁気モーメント（磁気的膜厚）が強磁性層12よりも大きくなるように形成されている。なお、単位面積あたりの磁気モーメントの大きさは、飽和磁化 M_s と膜厚 t の積で表すことができる。

【0033】

非磁性層13は、フリー磁性層11の中央部11a及び両側端部11b上に位置する中央部13a及び両側端部13bからなり、この両側端部13b上に強磁性層12が形成されている。非磁性層13の両側端部13bは、フリー磁性層11の両側端部11bと強磁性層12との間に生じるRKKY的な結合エネルギーが反平行の第1ピーク値又は第2ピーク値となる膜厚で形成されている。すなわち、非磁性層13の両側端部13bを介してフリー磁性層11の両側端部11bと強磁性層12は反平行結合されており、フリー磁性層11及び強磁性層12の磁化方向は反平行となっている。この非磁性層13は、Ru、Rh、Pd、Ir、Os、Re、Cr、Cu、Pt、Auのうちいずれか1種又は2種以上で形成

することができ、特にRu又はCuで形成されることが好ましい。本実施形態では非磁性層13がフリー磁性層11上に全面的に形成されているが、フリー磁性層11の両側端部11b上にのみ形成されていてもよい。

【0034】

フリー磁性層11及び強磁性層12は、強磁性材料によって形成されるもので、例えばNiFe合金、Co、CoNiFe合金、CoFe合金、CoNi合金等で形成することができる。これらフリー磁性層11及び強磁性層12は同一材料で形成されることが好ましく、同一材料を用いる場合は、フリー磁性層11の単位面積あたりの磁気モーメントが強磁性層12よりも大きくなるように強磁性層12の膜厚をフリー磁性層11よりも薄くする。また、フリー磁性層11及び強磁性層12を両方とも単層構造とする場合は、該フリー磁性層11及び強磁性層12のうち少なくとも一方はCoNiFe合金で形成することが好ましい。一方、フリー磁性層11及び強磁性層12を両方とも多層構造とする場合は、フリー磁性層11をNiFe合金とCoFe合金とを順に積層した積層体で形成し、強磁性層12をCoFe合金とNiFe合金とを順に積層した積層体で形成することが好ましい。

【0035】

第2反強磁性層14は、強磁性層12上に形成されていて、熱処理により強磁性層12との間に交換結合磁界を生じさせ、強磁性層12の磁化方向をトラック幅方向（図1の左から右方向）に固定する。強磁性層12の磁化が固定されると、非磁性層13の両側端部13bを介してフリー磁性層11の両側端部11bの磁化が強磁性層12の磁化方向と逆向き（図1の右から左方向；反平行）に固定され、この両側端部11bで挟まれた中央部11aの磁化方向が強磁性層12と反平行に揃えられる。本実施形態では、第2反強磁性層14のトラック幅方向の間隔がトラック幅Twを規制しており、該トラック幅Twとフリー磁性層11の中央部11aのトラック幅方向における寸法が一致している。

【0036】

第2反強磁性層14は、上述した第1反強磁性層4と同様、PtMn合金又はX-Mn（ただしXは、Pd、Ir、Rh、Ru、Os、Ni、Feのいずれか

1 種又は 2 種以上の元素である) 合金で形成される。あるいは、Pt-Mn-X' (ただし X' は、Pd、Ir、Rh、Ru、Au、Ag、Os、Cr、Ni、Ar、Ne、Xe、Kr のいずれか 1 又は 2 種以上の元素である) 合金で形成される。

【 0 0 3 7 】

電極層 2 0 は、第 1 反強磁性層 4 上に該第 1 反強磁性層 4、固定磁性層 5、非磁性材料層 6、フリー磁性層 1 1 及び第 2 反強磁性層 1 4 のトラック幅方向の両側端面に接して形成された第 1 電極層 2 1 と、この第 1 電極層 2 1 及び第 2 反強磁性層 1 4 上に形成された第 2 電極層 2 2 とを有している。これら第 1 電極層 2 1 及び第 2 電極層 2 2 は、例えば Au、Cu、 α -Ta 又は Cr 等の比抵抗の小さい導電材料により形成される。第 2 電極層 2 2 に与えられたセンス電流は、第 1 電極層 2 1 を介して非磁性材料層 6、フリー磁性層 1 1 及び固定磁性層 5 に流れる。

【 0 0 3 8 】

図示されていないが、第 2 電極層 2 2 及び非磁性層 1 3 の中央部 1 3 a 上には、例えばアルミナからなる上部ギャップ層を介して、上部シールド層が形成されている。

【 0 0 3 9 】

以上の本 GMR 素子 1 は、少なくともフリー磁性層 1 1、非磁性層 1 3 及び強磁性層 1 2 のトラック幅方向の両側端面が連続面 α をなしていることを特徴の一つとしている。このように上記両側端面が連続していれば、該両側端面においてフリー磁性層 1 1 と強磁性層 1 2 との間に静磁結合を生じさせることができ、この静磁結合によりフリー磁性層 1 1 のトラック幅方向に加わる反磁界を弱めることができる。よって、狭トラック化によりフリー磁性層 1 1 のトラック幅方向の寸法 FW が短くなっても、フリー磁性層 1 1 及び強磁性層 1 2 の両側端面における磁化の乱れ及びトラック幅領域内における磁化の乱れを抑制することができる。

【 0 0 4 0 】

また本 GMR 素子 1 では、フリー磁性層 1 1 のトラック幅方向の寸法 FW と強

磁性層 1 2 のトラック幅方向の寸法 FW の比 (FW/FL) を 1. 1 以上 2. 0 以下とすることを別の特徴としている。ここで強磁性層 1 2 のトラック幅方向の寸法 FL とは、図 1 に示す一对の強磁性層 1 2 の合計寸法 $FL1 + FL2$ である。上記範囲内であれば、強磁性層 1 2 との反平行結合によりフリー磁性層 1 1 の両側端部 1 1 b の磁化を適度に固定でき、且つ、フリー磁性層 1 1 の中央部 1 1 a の磁化を外部磁界に対して回転し易くすることができる。これにより、再生波形の歪みや不安定性を抑制しつつ出力感度を上げることができ、さらにサイドリーディングの発生を防止することができる。なお、フリー磁性層 1 1 の両側端部 1 1 b 及び強磁性層 1 2 間の RKKY 的な反平行結合を弱めれば、フリー磁性層 1 1 の中央部 1 1 a の磁化がさらに回転し易くなり、より出力感度が向上する。フリー磁性層 1 1 の両側端部 1 1 b 及び強磁性層 1 2 間の反平行結合の強さは、非磁性層 1 3 の両側端部 1 3 b の膜厚で調整可能である。

【 0 0 4 1 】

さらに本 GMR 素子 1 では、第 2 反強磁性層 1 4 上及び少なくとも第 2 反強磁性層 1 4 から固定磁性層 5 までの各層の両側端面に接して電極層 2 0 を形成することで、第 2 反強磁性層 1 4 を介さずにセンス電流を供給することを別の特徴としている。このように第 2 反強磁性層 1 4 を介さずにセンス電流を供給すれば、第 2 反強磁性層 1 4 を介してセンス電流を供給していた従来よりも素子抵抗を低減することができる。この結果、高周波ノイズの発生を抑えることができ、SN 比の向上につながる。

【 0 0 4 2 】

以下では、図 2 ～図 8 を参照し、図 1 に示す GMR 素子 1 の製造方法について説明する。まず、アルミナからなる下部ギャップ層 2 上に、シード層 3 と、第 1 反強磁性層 4 と、固定磁性層 5 を構成する第 1 固定磁性層 5 a、非磁性中間層 5 b 及び第 2 固定磁性層 5 c と、非磁性材料層 6 と、フリー磁性層 1 1 と、非磁性層 1 3 とを連続成膜する（図 2）。この連続成膜工程は、スパッタや蒸着法等の薄膜形成プロセスを用い、同一真空成膜装置中で行なう。

【 0 0 4 3 】

シード層 3 は、NiFe 合金、NiCr 合金、NiFeCr 合金又は Cr 等か

ら形成する。第1反強磁性層4は、PtMn合金又はX-Mn（ただしXは、Pd、Ir、Rh、Ru、Os、Ni、Feのいずれか1種又は2種以上の元素である）合金で形成する。あるいは、Pt-Mn-X'（ただしX'は、Pd、Ir、Rh、Ru、Au、Ag、Os、Cr、Ni、Ar、Ne、Xe、Krのいずれか1又は2種以上の元素である）合金で形成する。これらの合金材料で第1反強磁性層4を形成すれば、後工程の磁場中アニール処理において、大きな交換結合磁界を発生させることができる。

【0044】

第1固定磁性層5a及び第2固定磁性層5cは、例えばNiFe合金、Co、CoNiFe合金、CoFe合金又はCoNi合金等の磁性材料によって形成することができ、同一の材料で形成されていることが好ましい。非磁性中間層5bは、Ru、Rh、Pd、Ir、Os、Re、Cr、Cu、Pt、Auのうちいずれか1種又は2種以上で形成することができ、特にRu又はCuで形成されることが好ましい。なお、固定磁性層5は、単層の強磁性材料層から形成してもよい。

【0045】

非磁性材料層6は、例えばCu、Cr、Au又はAg等の導電性を有する非磁性材料によって形成することができる。特にCuによって形成されることが好ましい。フリー磁性層11は、NiFe合金、Co、CoFe合金、CoNi合金及びCoFeNi合金のいずれかで形成することができる。非磁性層13は、Ru、Rh、Pd、Ir、Os、Re、Cr、Cu、Pt、Auのうちいずれか1種又は2種以上で形成することができ、特にRu又はCuで形成されることが好ましい。この非磁性層13は、図1の完成状態よりも厚い膜厚で成膜する。

【0046】

非磁性層13まで形成したら、第1の熱処理を行なう。すなわち、トラック幅Twと直交する方向（ハイト方向；図示Y方向）に第1の磁界を印加しつつ第1の熱処理温度で熱処理し、第1反強磁性層4と第1固定磁性層5aとの間に交換結合磁界を生じさせて第1固定磁性層5aの磁化をハイト方向に固定する。

【0047】

アニール処理を施したら、図 3 に示すように、低エネルギーイオンミリングにより非磁性層 1 3 の表面イオンクリーニングを行なう。本実施形態の低エネルギーイオンミリングには、例えば 1 0 0 ~ 2 0 0 e V 程度で加速した A r イオンを用いる。この工程において、非磁性層 1 3 は、該非磁性層 1 3 を介してフリー磁性層 1 1 と強磁性層 1 2 との間に生じる R K K Y 的結合エネルギーが反平行の第 1 ピーク値（又は第 2 ピーク値）となる膜厚に調整される。例えば非磁性層 1 3 が R u から形成されている場合は 6 Å 以上 1 2 Å 以下の膜厚に調整されることが好ましく、C u から形成されている場合は 7 Å 以上 1 2 Å 以下の膜厚に調整されることが好ましい。なお、図 3 に示す矢印 H 方向はイオンミリング方向である。

【 0 0 4 8 】

続いて、図 4 に示すように、非磁性層 1 3 上に強磁性層 1 2 及び第 2 反強磁性層 1 4 を連続成膜する。成膜にはスパッタや蒸着法を用いる。

【 0 0 4 9 】

強磁性層 1 2 は、フリー磁性層 1 1 と同一の材料で形成されることが好ましい。フリー磁性層 1 1 と強磁性層 1 2 が同一の材料で形成される場合は、フリー磁性層 1 1 の単位面積あたりの磁気モーメントが強磁性層 1 2 よりも大きくなるように、フリー磁性層 1 1 よりも薄い膜厚で強磁性層 1 2 が形成される。これらフリー磁性層 1 1 及び強磁性層 1 2 は、単層構造又は多層構造とすることができる。フリー磁性層 1 1 及び強磁性層 1 2 を両方とも単層構造とする場合は、該フリー磁性層 1 1 及び強磁性層 1 2 のうち少なくとも一方は C o N i F e 合金で形成することが好ましい。一方、フリー磁性層 1 1 及び強磁性層 1 2 を両方とも多層構造とする場合は、フリー磁性層 1 1 を N i F e 合金と C o F e 合金とを順に積層した積層体で形成し、強磁性層 1 2 を C o F e 合金と N i F e 合金とを順に積層した積層体で形成することが好ましい。

【 0 0 5 0 】

続いて、第 2 反強磁性層 1 4 上にフォトリソ液を塗布し、露光現像することによってトラック幅領域をパターニングして、このトラック幅領域に対応する位置に図 5 に示すレジスト層 R を形成する。このレジスト層 R はリフトオフ用のレジスト層である。レジスト層 R を形成したら、レジスト層 R のトラック幅方向

の両側から第 1 反強磁性層 4 が露出するまでイオンミリングを行なう（図 5）。図 5 に示す矢印 H 方向はイオンミリング方向である。なお、このイオンミリングは、シード層 3 又は下部ギャップ層 2 が露出するまで継続してもよい。

【 0 0 5 1 】

上記イオンミリング工程では、図 5 に点線で示される各層のトラック幅領域外の部分（レジスト層 R のトラック幅方向の両側から露出する第 2 反強磁性層 1 4、強磁性層 1 2、非磁性層 1 3、フリー磁性層 1 1、非磁性材料層 6、固定磁性層 5 及び第 1 反強磁性層 4 の一部）を除去する。これにより、フリー磁性層 1 1 のトラック幅方向の寸法 F W が規制されると共に、第 2 反強磁性層 1 4 から第 1 反強磁性層 4 までの各層のトラック幅方向の両側端面が連続面 α とされる。この連続面 α が形成されると、フリー磁性層 1 1 と強磁性層 1 2 の両側端面 1 1 c、1 2 c においてフリー磁性層 1 1 と強磁性層 1 2 の間に静磁結合を生じさせることができ、この静磁結合によってフリー磁性層 1 1 及び強磁性層 1 2 の両側端部における反磁界の影響を軽減することができる。

【 0 0 5 2 】

続いて、図 6 に示すように、露出した第 1 反強磁性層 4 上に、第 2 反強磁性層 1 4 から第 1 反強磁性層 4 までの両側端面に接触させて第 1 電極層 2 1 を形成する。この第 1 電極層 2 1 は、例えば A u、C u、 α -T a 又は C r 等の比抵抗の小さい導電材料により形成することができる。

【 0 0 5 3 】

第 1 電極層 2 1 を形成したら、リフトオフによりレジスト層 R を除去し、図 7 に示すように第 1 電極層 2 1 及び第 2 反強磁性層 1 4 上のトラック幅領域外範囲に第 2 電極層 2 2 を形成する。すなわち、第 1 電極層 2 1 及び第 2 反強磁性層 1 4 上に第 2 電極層 2 2 及びメタルマスク層 2 3 を形成した後、反応性イオンエッチングにより、トラック幅領域内のメタルマスク層 2 3 及び第 2 電極層 2 2 を除去する。第 2 電極層 2 2 は、第 1 電極層 2 1 と同一の導電材料で形成されることが好ましい。なお、第 2 電極層 2 2 はリフトオフ法を用いても形成することができる。リフトオフで形成する場合はメタルマスク層 2 3 が不要である。

【 0 0 5 4 】

上記第 2 電極層 2 2 にセンス電流が与えられると、該センス電流は比抵抗の小さい第 1 電極層 2 1 を介して非磁性材料層 6、固定磁性層 5 及びフリー磁性層 1 1 を流れる。すなわち、電極層 2 0 よりも比抵抗が極端に大きい第 2 反強磁性層 1 4 を介さずに、センス電流を供給することができる。これにより、形成すべき GMR 素子 1 の素子抵抗を良好に抑えることができ、高周波ノイズによる S/N 比の低下を回避することができる。

【 0 0 5 5 】

第 2 電極層 2 2 を形成したら、図 8 に示すように、メタルマスク層 2 3 及び第 2 電極層 2 2 をマスクとして反応性イオンエッチング (R I E) 処理を行ない、トラック幅領域内の第 2 反強磁性層 1 4、強磁性層 1 2 及び非磁性層 1 3 を除去する。本実施形態では、トラック幅領域内の非磁性層 1 3 (中央部 1 3 a) の膜厚が 3 Å 以下となった時点で該反応性イオンエッチングを終了する。なお、トラック幅領域内の非磁性層 1 3 は全て除去してもよく、また、反応性イオンエッチングの代わりにイオンミリングを用いてもよい。

【 0 0 5 6 】

この反応性イオンエッチング工程によれば、図 8 の点線で示される部分が取り除かれ、凹部 β が形成される。すなわち、フリー磁性層 1 1 の両側端部 1 1 b 上にのみ強磁性層 1 2 と第 2 反強磁性層 1 4 が存在し、この第 2 反強磁性層 1 4 のトラック幅方向の間隔によってトラック幅 T_w が規制されると共に、強磁性層 1 2 のトラック幅方向の寸法 F_L が規制される。

【 0 0 5 7 】

本実施形態では、フリー磁性層 1 1 の両側端部 1 1 b の磁化を適度に固定し且つ中央部 1 1 a の磁化を外部磁界に対して回転し易くするため、フリー磁性層 1 1 のトラック幅方向の寸法 F_W と強磁性層 1 2 のトラック幅方向の寸法 F_L の比 (F_W/F_L) を 1.1 以上 2.0 以下に設定する。

【 0 0 5 8 】

続いて、第 2 の熱処理を行なう。この工程では、上記第 1 の磁界と直交する方向 (トラック幅方向) に、フリー磁性層 1 1 と強磁性層 1 2 の保磁力よりも大きく且つスピントロニクス磁界よりも小さい第 2 の磁界を印加しつつ、上記第 1 反強

磁性層 4 のブロッキング温度よりも低い第 2 の熱処理温度で熱処理する。この熱処理により、強磁性層 1 2 と第 2 反強磁性層 1 4 との間に交換結合磁界が生じ、強磁性層 1 2 の磁化方向は固定磁性層 5 の磁化方向に直交する方向へ固定され、フリー磁性層 1 1 の磁化方向は強磁性層 1 2 の磁化方向と反平行となる。この第 2 の熱処理は、図 4 に示す工程の直後に行なってもよい。以上の工程により、図 1 の GMR 素子 1 が得られる。

【 0 0 5 9 】

図 9 は、本発明の第 2 実施形態による GMR 素子 1 0 0 の構造を、記録媒体との対向面から見て示した部分断面図である。この第 2 実施形態は、第 2 反強磁性層 1 4 を、下部反強磁性層 1 4 a 及び上部反強磁性層 1 4 b から形成した点において、第 1 実施形態と異なる。図 9 では、第 1 実施形態と実質的に同一の構成要素には図 1 と同一符号を付してある。

【 0 0 6 0 】

下部反強磁性層 1 4 a と上部反強磁性層 1 4 b の間には、非磁性保護層 1 5 が介在していてもよい。非磁性保護層 1 5 は、製造工程中に下部反強磁性層 1 4 a が酸化されないように設けた酸化防止層であり、3 Å 以下の膜厚に調整される。この非磁性保護層 1 5 を構成する元素は、強磁性層 1 2 と下部反強磁性層 1 4 a との間に交換結合磁界を生じさせるための熱処理時に、下部反強磁性層 1 4 a 及び／又は上部反強磁性層 1 4 b の内部に拡散し、下部反強磁性層 1 4 a 及び／又は上部反強磁性層 1 4 b の内部に混在していてもよい。

【 0 0 6 1 】

上部反強磁性層 1 4 b は、非磁性保護層 1 5 を介して下部反強磁性層 1 4 a に結合され、下部反強磁性層 1 4 a と一体に機能する。下部反強磁性層 1 4 a は、該下部反強磁性層 1 4 a のみが成膜された段階では反強磁性特性を有さないように、20 Å 以上 50 Å 以下の膜厚で形成されることが好ましい。また、下部反強磁性層 1 4 a 及び上部反強磁性層 1 4 b の合計膜厚は、熱処理によって強磁性層 1 2 と下部反強磁性層 1 4 a との間に大きな交換結合磁界が生じるように、80 Å 以上 300 Å 以下であることが好ましい。

【 0 0 6 2 】

下部反強磁性層 1 4 a 及び上部反強磁性層 1 4 b は、同一材料で形成されることが好ましく、PtMn 合金又は X-Mn（ただし X は、Pd、Ir、Rh、Ru、Os、Ni、Fe のいずれか 1 種又は 2 種以上の元素である）合金で形成される。あるいは、Pt-Mn-X'（ただし X' は、Pd、Ir、Rh、Ru、Au、Ag、Os、Cr、Ni、Ar、Ne、Xe、Kr のいずれか 1 又は 2 種以上の元素である）合金で形成される。一方、非磁性保護層 1 5 は、Ru、Rh、Pd、Ir、Os、Re、Cr、Cu、Pt、Au のうちいずれか 1 種又は 2 種以上で形成することができ、特に Ru 又は Cr で形成されることが好ましい。上記下部反強磁性層 1 4 a 及び上部反強磁性層 1 4 b の材料と上記非磁性保護層 1 5 の材料の組み合わせによれば、熱処理によって非磁性保護層 1 5 を構成する元素が下部反強磁性層 1 4 a 及び／又は上部反強磁性層 1 4 b 内部に拡散される結果、下部反強磁性層 1 4 a 及び／又は上部反強磁性層 1 4 b の境界面近傍で非磁性保護層 1 5 の元素の濃度が部分的に高くなっているとしても、下部／上部反強磁性層 1 4 a、1 4 b は一体として機能し、強磁性層 1 2 との間に大きな交換結合磁界を発生させることができる。

【 0 0 6 3 】

以下では、図 1 0 ～図 1 3 を参照し、図 9 に示す GMR 素子 1 0 0 の製造方法について説明する。まず、アルミナからなる下部ギャップ層 2 上に、シード層 3 と、第 1 反強磁性層 4 と、固定磁性層 5 を構成する第 1 固定磁性層 5 a、非磁性中間層 5 b 及び第 2 固定磁性層 5 c と、非磁性材料層 6 と、フリー磁性層 1 1、非磁性層 1 3 と、強磁性層 1 2 と、下部反強磁性層 1 4 a と、非磁性保護層 1 5 とを連続成膜する（図 1 0）。この連続成膜工程は、スパッタや蒸着法等の薄膜形成プロセスを用い、同一真空成膜装置中で行なう。

【 0 0 6 4 】

シード層 3、第 1 反強磁性層 4、第 1 固定磁性層 5 a、非磁性中間層 5 b、第 2 固定磁性層 5 c、非磁性材料層 6、フリー磁性層 1 1、非磁性層 1 3 及び強磁性層 1 2 の材料及び膜厚は、第 1 実施形態と同様であるから、説明を省略する。

【 0 0 6 5 】

下部反強磁性層 1 4 a は、第 1 反強磁性層 4 と同様に、PtMn 合金又は X-

Mn（ただしXは、Pd、Ir、Rh、Ru、Os、Ni、Feのいずれか1種又は2種以上の元素である）合金で形成する。あるいは、Pt-Mn-X'（ただしX'は、Pd、Ir、Rh、Ru、Au、Ag、Os、Cr、Ni、Ar、Ne、Xe、Krのいずれか1又は2種以上の元素である）合金で形成する。この下部反強磁性層14aは、20 Å以上50 Å以下の膜厚で形成されることが好ましい。この範囲内であれば、下部反強磁性層14aのみが強磁性層12上に形成されている状態で熱処理が施されても、強磁性層12と下部反強磁性層14a間に交換結合磁界が生じない（あるいは生じても弱い）。

【0066】

非磁性保護層15は、下部反強磁性層14aが酸化されないように設けた保護層（酸化防止層）であり、3 Å以上10 Å以下の膜厚で形成されることが好ましい。この非磁性保護層15は、Ru、Rh、Pd、Ir、Os、Re、Cr、Cu、Pt、Auのうちいずれか1種又は2種以上で形成することができる。特にRu又はCrで形成されることが好ましい。

【0067】

非磁性保護層15まで形成したら、第1の熱処理を行なう。すなわち、トラック幅Twと直交する方向（ハイト方向；図示Y方向）に第1の磁界を印加しつつ第1の熱処理温度で熱処理し、第1反強磁性層4と第1固定磁性層5aとの間に交換結合磁界を生じさせて第1固定磁性層5aの磁化方向を固定する。このとき、下部反強磁性層14aは上述したように反強磁性特性を有さない薄い膜厚で形成されているため、第1の熱処理が施されても規則化しにくく、下部反強磁性層14aと強磁性層12間には交換結合磁界が生じない（あるいは生じても弱い）。

【0068】

続いて、図11に示すように、低エネルギーイオンミリングにより非磁性保護層15の表面クリーニングを行なう。このとき、非磁性保護層15の膜厚は3 Å以下に調整される。

【0069】

続いて、図12に示すように、非磁性保護層15を介して下部反強磁性層14

a 上に、上部反強磁性層 1 4 b を形成する。上部反強磁性層 1 4 b は、該上部反強磁性層 1 4 b と下部反強磁性層 1 4 a の合計膜厚が 80 \AA 以上 300 \AA 以下となる膜厚で形成されることが好ましい。この範囲内であれば、下部反強磁性層 1 4 a と上部反強磁性層 1 4 b が第 2 反強磁性層 1 4 として一体に機能し、熱処理により下部反強磁性層 1 4 a と強磁性層 1 2 との間に大きな交換結合磁界を発生させることができる。なお、図 1 1 の低エネルギーイオンミリング工程で非磁性保護層 1 5 を全て除去した場合には、下部反強磁性層 1 4 a 上に直接、上部反強磁性層 1 4 b を形成する。

【 0 0 7 0 】

上部反強磁性層 1 4 b を形成したら、上部反強磁性層 1 4 b 上に図 1 3 に示すレジスト層 R を形成し、レジスト層 R のトラック幅方向の両側から第 1 反強磁性層 1 4 が露出するまでイオンミリングを行なう（図 1 3）。図 1 3 に示す矢印 H 方向はイオンミリング方向である。このイオンミリング工程では、図 1 3 に点線で示される各層のトラック幅領域外の部分が取り除かれる。これにより、フリー磁性層 1 1 のトラック幅方向の寸法が寸法 F W に規制されると共に、上部反強磁性層 1 4 b から第 1 反強磁性層 4 までの各層の両側端面が連続面 α とされてフリー磁性層 1 1 と強磁性層 1 2 の両側端面 1 1 c、1 2 c では両層間に静磁結合が生じる。なお、上記イオンミリングは、シード層 3 又は下部ギャップ層 2 が露出するまで継続してもよい。

【 0 0 7 1 】

続いて、上述した第 1 実施形態と同様の工程（図 6 ～図 8）で、第 1 電極層 2 1 及び第 2 電極層 2 2 を形成し、トラック幅領域内の上部反強磁性層 1 4 b、非磁性保護層 1 5、下部反強磁性層 1 4 a、強磁性層 1 2 及び非磁性層 1 3 を除去する。この結果、上部反強磁性層 1 4 b、非磁性保護層 1 5 及び下部反強磁性層 1 4 a の間隔によってトラック幅寸法 T w が規制されると共に、強磁性層 1 2 のトラック幅方向の寸法が寸法 F L に規制される。

【 0 0 7 2 】

そして、第 2 の熱処理を行なう。この工程では、上記第 1 の磁界と直交する方向（トラック幅方向）に第 2 の磁界を印加しつつ、上記第 1 反強磁性層 4 のプロ

ッキング温度よりも低い第2の熱処理温度で熱処理する。この熱処理時には、非磁性保護層15を構成する元素が下部反強磁性層14a及び／又は上部反強磁性層14bの内部に拡散され、下部反強磁性層14a及び／又は上部反強磁性層14bの内部に混在されてもよい。なお、この第2の熱処理は、図12に示す工程の直後に行なってもよい。以上の工程により、図9に示すGMR素子100が得られる。

【0073】

上記各実施形態では、第1電極層21と第2電極層22から電極層20を形成しているが、単層構造としてもよい。すなわち、第1電極層21のみを形成する態様であっても第2電極層22のみを形成する態様であってもよい。第2電極層22のみを形成する場合は、図5又は図13に示す工程で連続面 α を形成した後、レジスト層Rを除去し、図14に示すように第2反強磁性層14のトラック幅領域外上及び連続面 α 上に第2電極層22を形成する。上記いずれの態様でも、第2反強磁性層14を介さずにセンス電流を供給することができ、素子抵抗を良好に抑えることができる。また電極層20（第2電極層22）は、図15に示すようにフリー磁性層11側の端部がオーバーレイしていてもよい。このオーバーレイ構造をとれば、素子抵抗をさらに低減することができ、またサイドリーディングの発生を良好に防止することができる。

【0074】

また、上記各実施形態では、フリー磁性層11と強磁性層12間の反平行結合が適度に弱くなるように非磁性層13の両側端部13bの膜厚を調整することで、フリー磁性層11の中央部11aをより回転し易くし、さらに出力感度を高めることが可能である。フリー磁性層11と強磁性層12間にはトラック幅方向の両側端部位置において静磁結合が生じているから、フリー磁性層11と強磁性層12間の反平行結合を弱めても、サイドリーディングの発生を良好に防止することができる。

【0075】

以上の本GMR素子1（100）は、再生用薄膜磁気ヘッドのみでなく、この再生用薄膜磁気ヘッド上にさらに記録用のインダクティブヘッドを積層した録再

用薄膜磁気ヘッドにも適用可能である。また各種の磁気センサとして用いることもできる。

【 0 0 7 6 】

【発明の効果】

本発明によれば、少なくともフリー磁性層、非磁性層及び強磁性層のトラック幅方向の両側端面を連続面としたので、該両側端面においてフリー磁性層と強磁性層との間に静磁結合が生じ、この静磁結合によりフリー磁性層及び強磁性層に加わる反磁界の影響を軽減することができる。よって、狭トラック化を実現するためにフリー磁性層のトラック幅方向の寸法を短くしても、トラック幅領域内における磁化の乱れを抑制することができ、出力感度を向上させることができる。また本発明によれば、フリー磁性層及び強磁性層のトラック幅方向の寸法の比（ FW/FL ）を 1.1 以上 2.0 以下に規定したので、再生波形の歪みや不安定性を良好におさえつつ、出力感度を高めることができる。さらに本発明によれば、比抵抗の大きい第 2 反強磁性層を介さずにセンス電流を供給するので、素子抵抗を良好に抑えることができ、この結果、高周波ノイズを抑制して SN 比を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 実施形態による巨大磁気抵抗効果素子（GMR 素子）の構造を、記録媒体との対向面から見て示す部分断面図である。

【図 2】

図 1 に示す GMR 素子の製造方法の一工程図である。

【図 3】

図 2 に示す工程の次に行なわれる一工程図である。

【図 4】

図 3 に示す工程の次に行なわれる一工程図である。

【図 5】

図 4 に示す工程の次に行なわれる一工程図である。

【図 6】

図 5 に示す工程の次に行なわれる一工程図である。

【図 7】

図 6 に示す工程の次に行なわれる一工程図である。

【図 8】

図 7 に示す工程の次に行なわれる一工程図である。

【図 9】

本発明の第 2 実施形態による GMR 素子の構造を、記録媒体との対向面側から見て示す部分断面図である。

【図 1 0】

図 9 に示す GMR 素子の製造方法の一工程図である。

【図 1 1】

図 1 0 に示す GMR 素子の製造方法の一工程図である。

【図 1 2】

図 1 1 に示す GMR 素子の製造方法の一工程図である。

【図 1 3】

図 1 2 に示す GMR 素子の製造方法の一工程図である。

【図 1 4】

別の態様による第 2 電極層を示す部分断面図である。

【図 1 5】

さらに別の態様による第 2 電極層を示す部分断面図である。

【符号の説明】

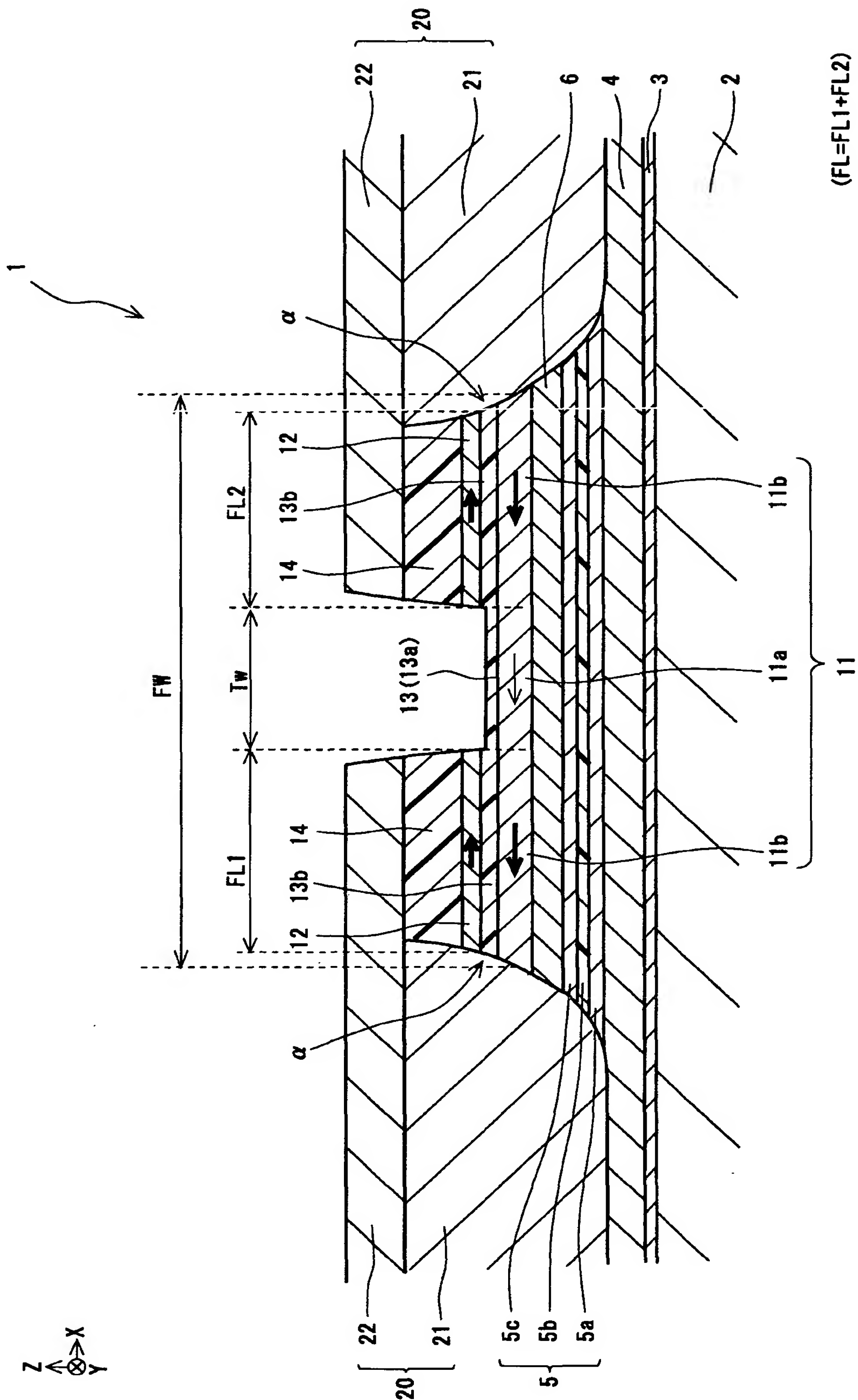
- 1 GMR 素子
- 2 下部ギャップ層
- 3 シード層
- 4 第 1 反強磁性層
- 5 固定磁性層
- 5 a 第 1 固定磁性層
- 5 b 非磁性中間層

- 5 c 第 2 固定磁性層
- 6 非磁性材料層
- 1 1 フリー磁性層
 - 1 1 a 中央部
 - 1 1 b 両側端部
- 1 2 強磁性層
- 1 3 非磁性層
 - 1 3 a 中央部
 - 1 3 b 両側端部
- 1 4 第 2 反強磁性層
- 1 5 非磁性保護層
- 2 0 電極層
- 2 1 第 1 電極層
- 2 2 第 2 電極層
- 2 3 メタルマスク層
- R レジスト層
- H イオンミリング方向
- T w トラック幅
- FW フリー磁性層のトラック幅方向の寸法
- FL 強磁性層のトラック幅方向の合計寸法

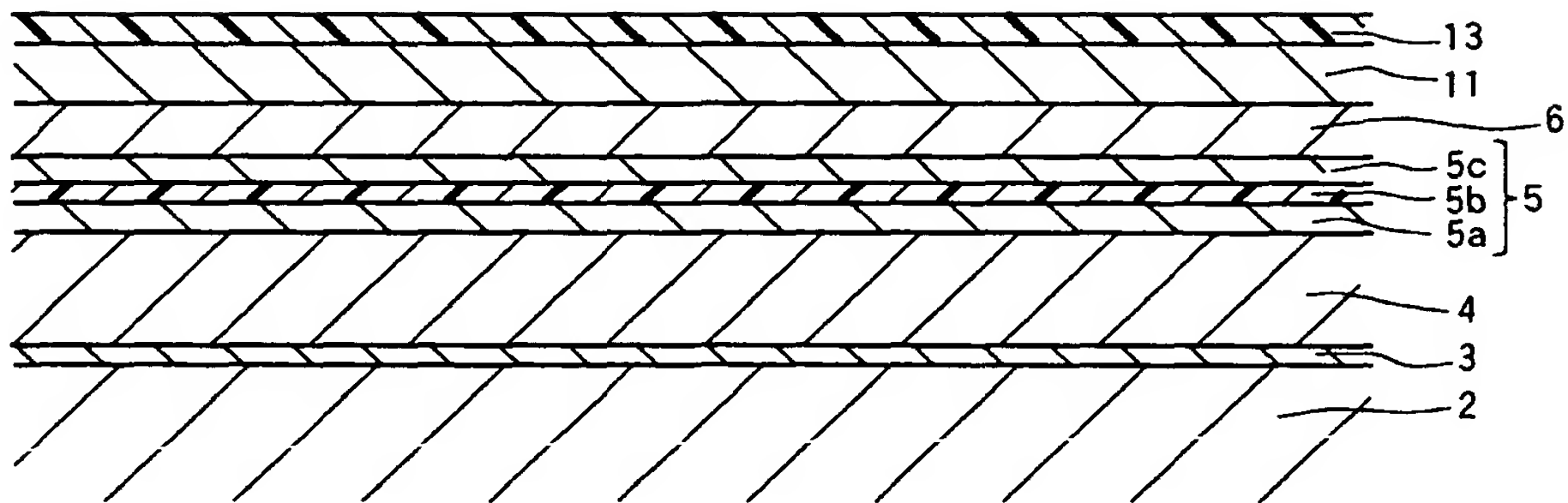
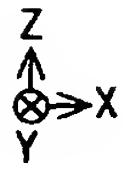
【書類名】

図面

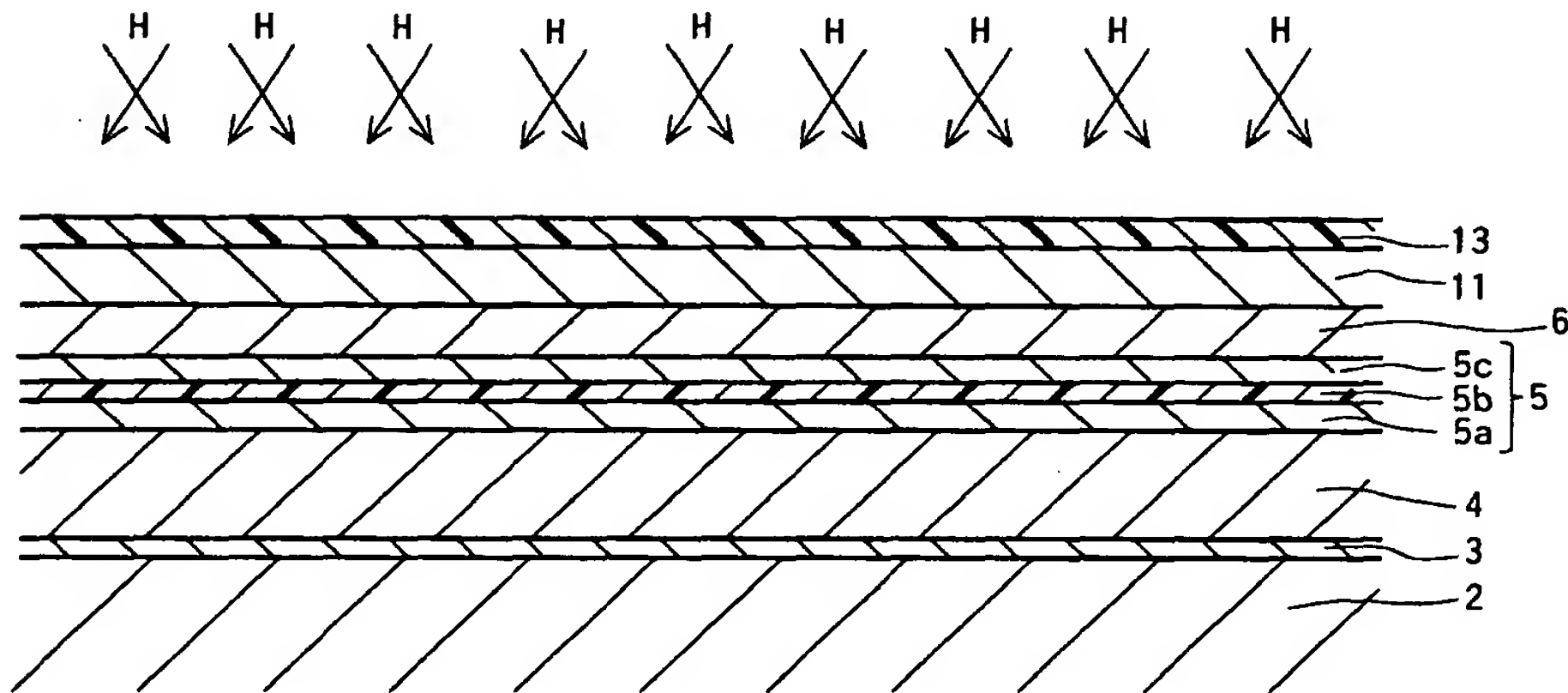
【図 1】



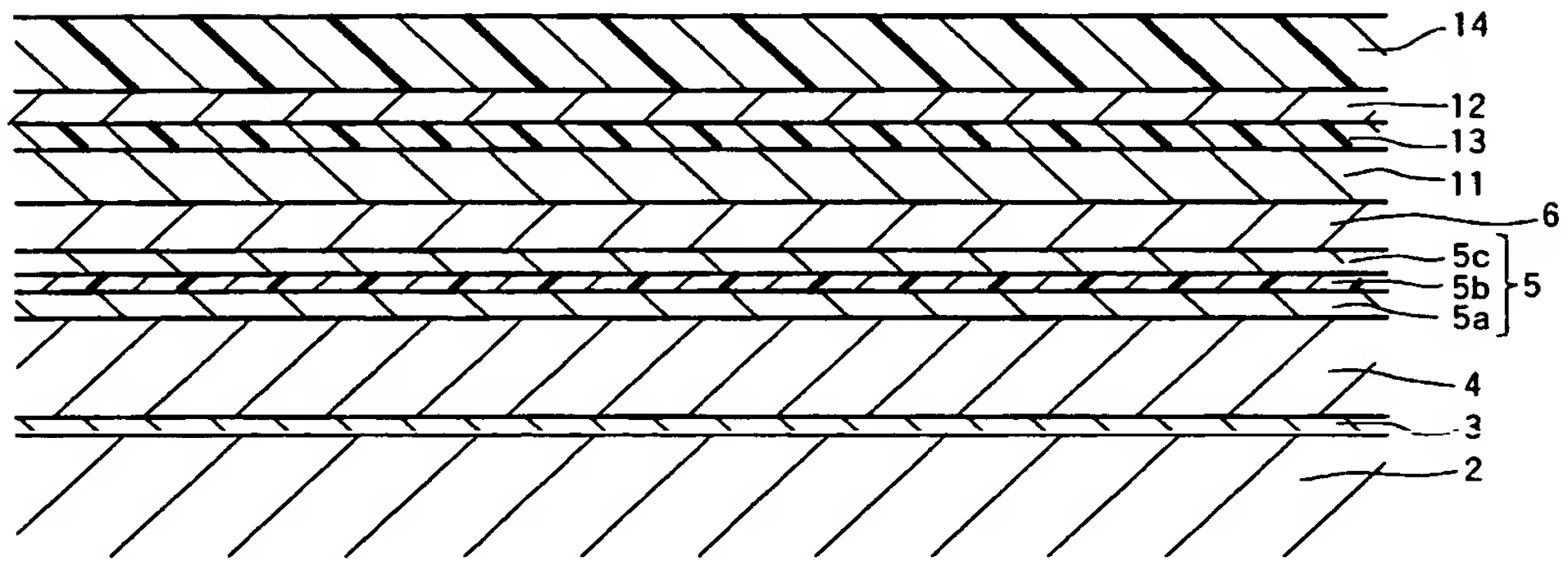
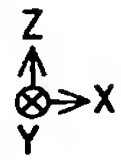
【図 2】



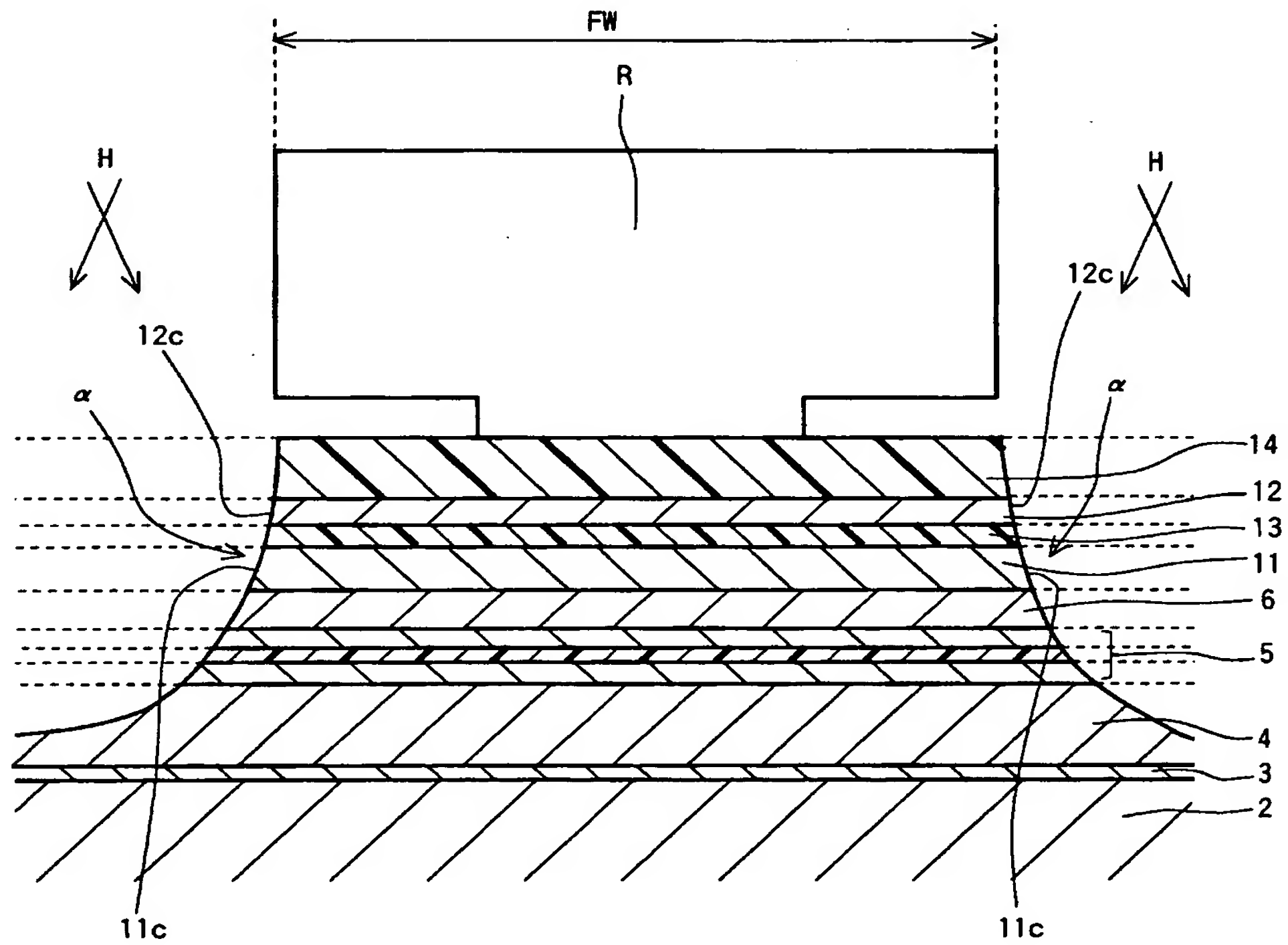
【図 3】



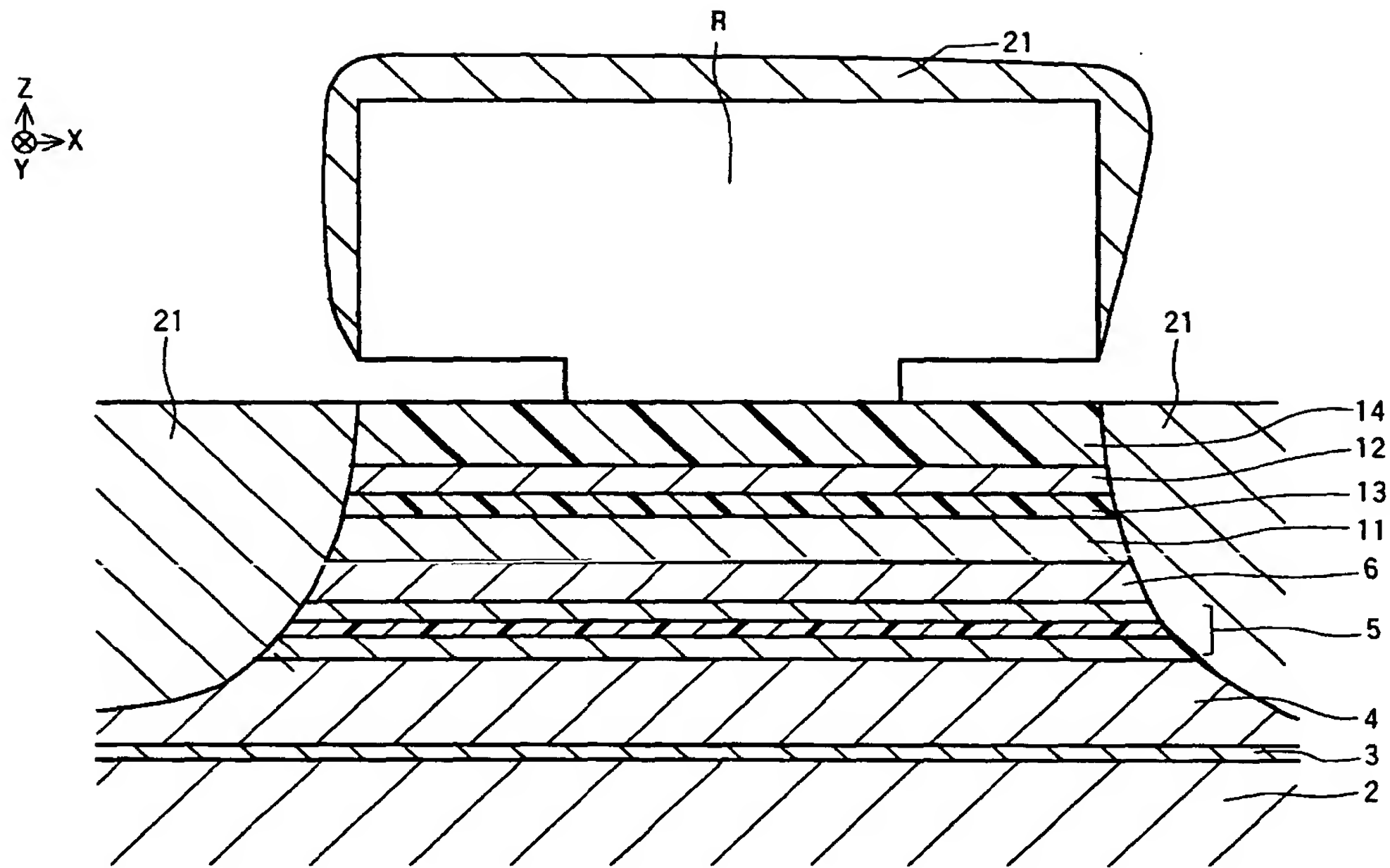
【図 4】



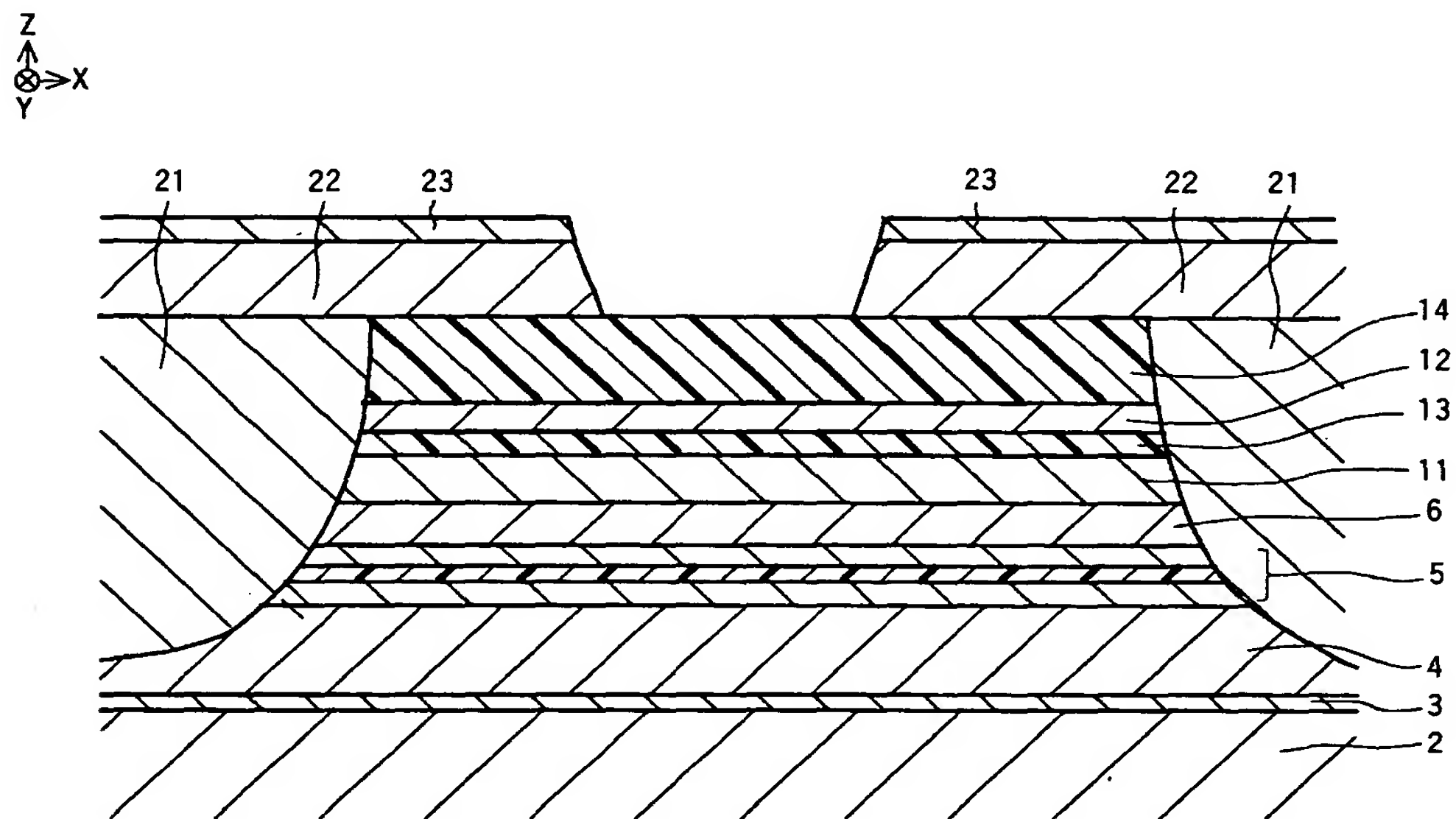
【図 5】



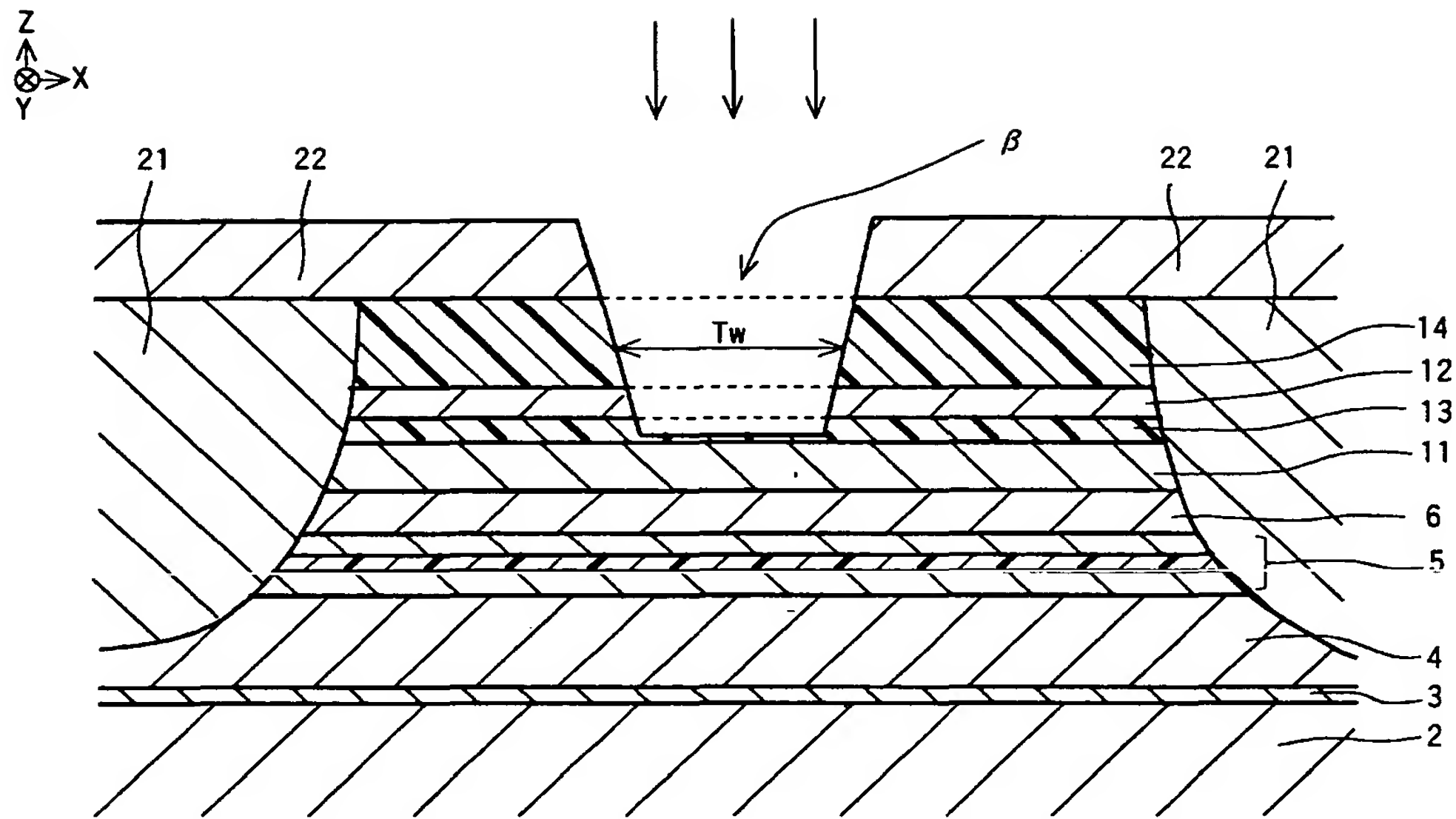
【図 6】



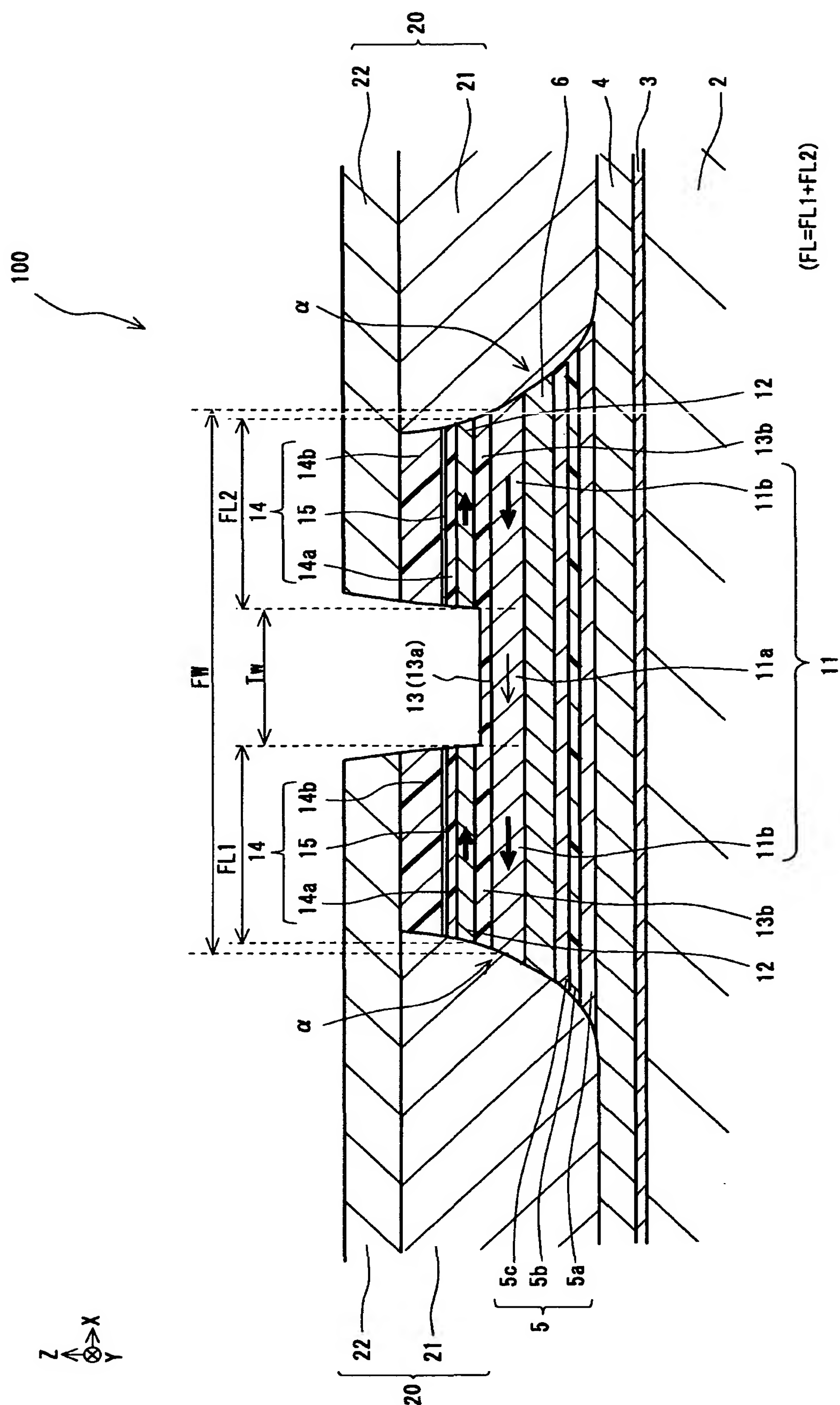
【図 7】



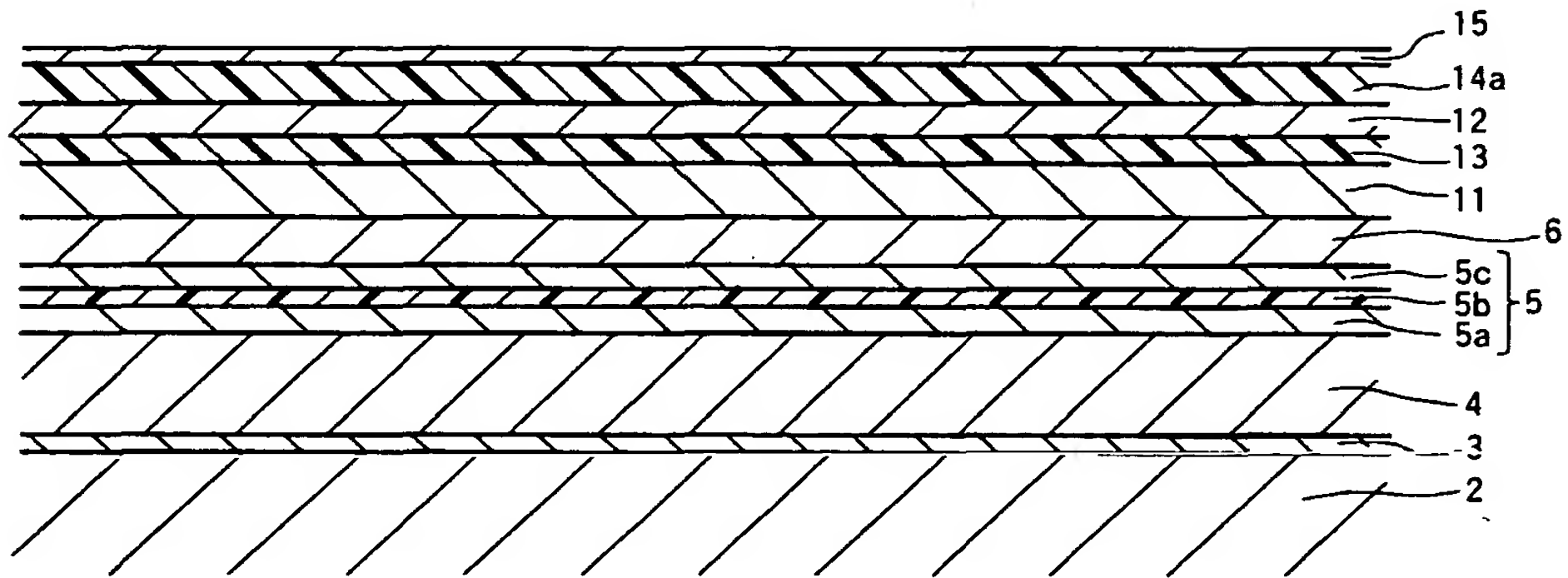
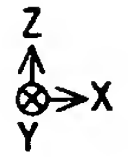
【図 8】



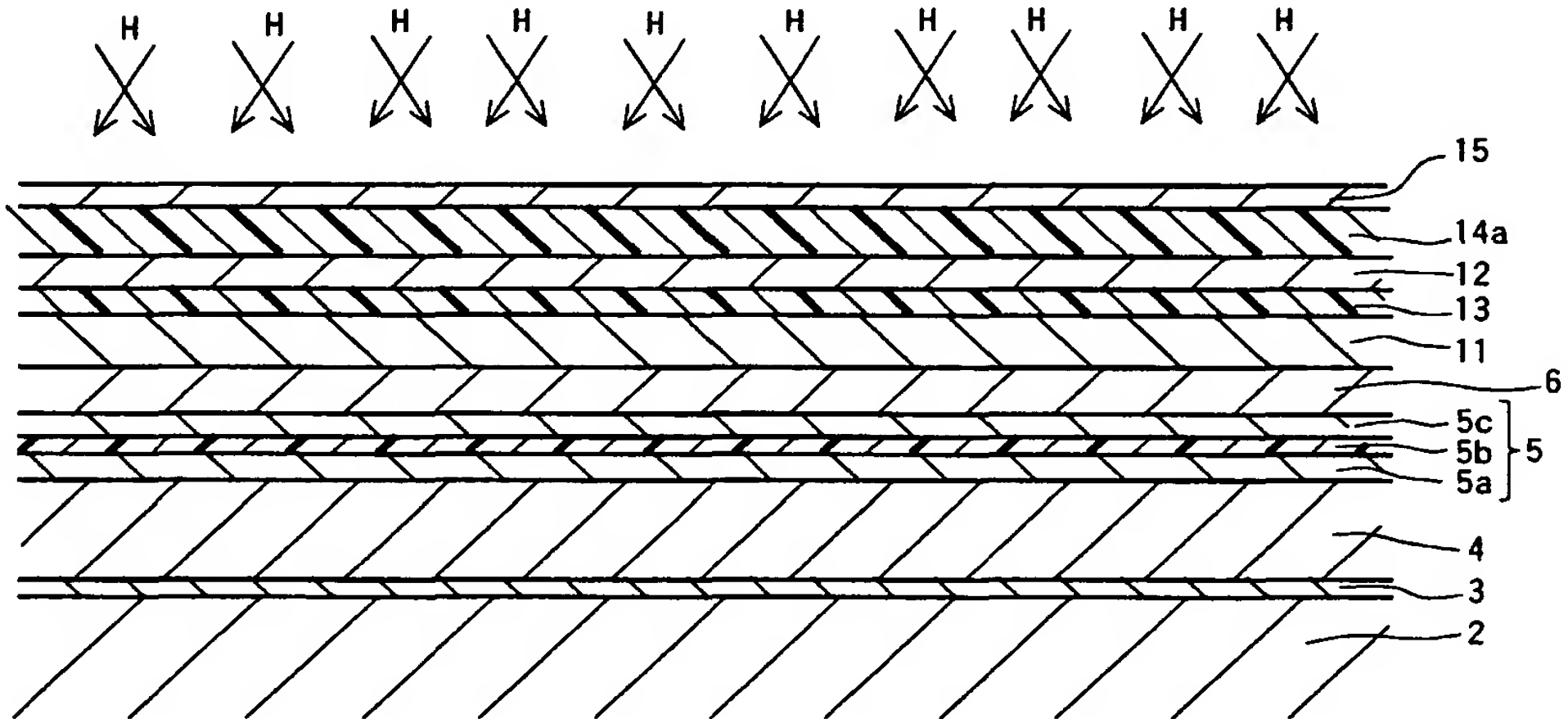
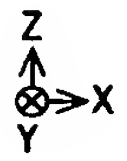
【図 9】



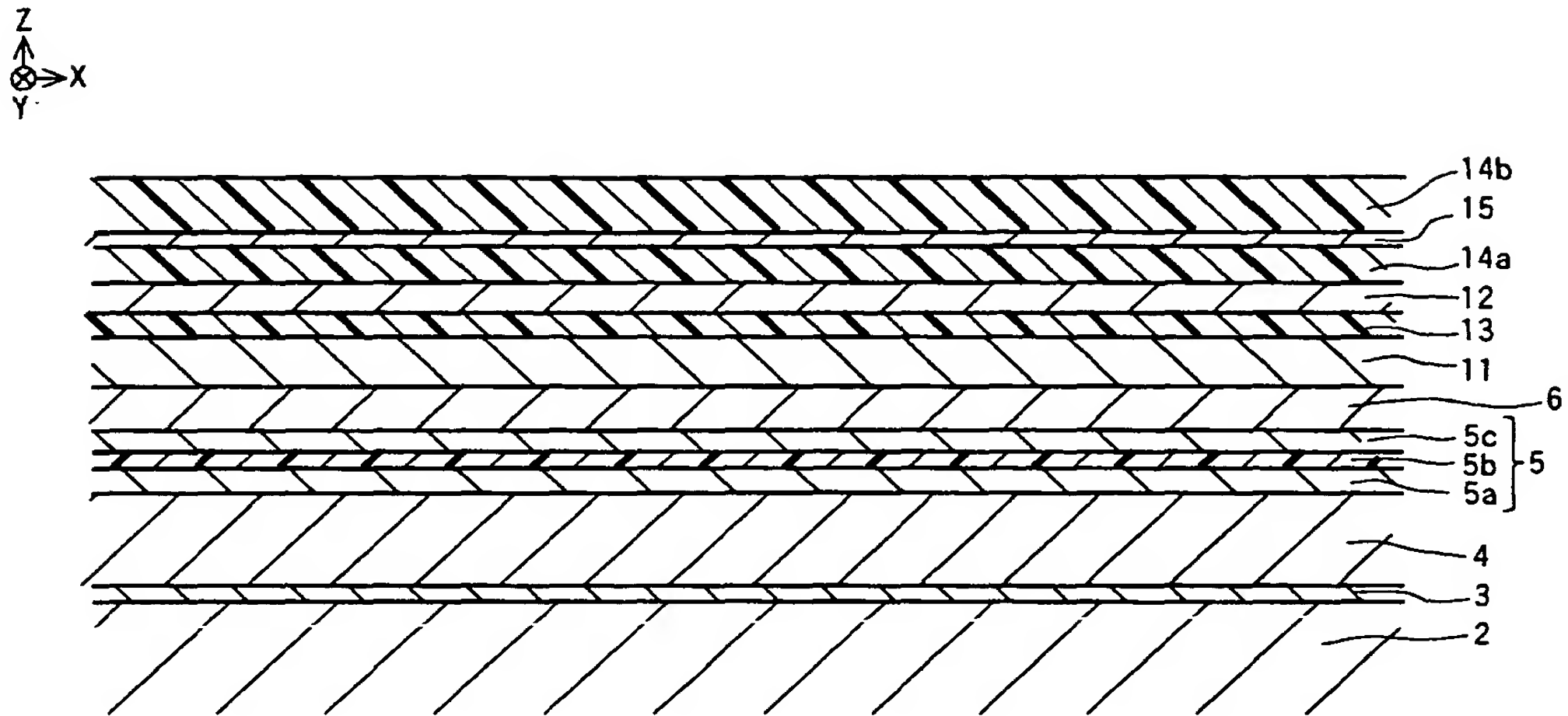
【図 1 0】



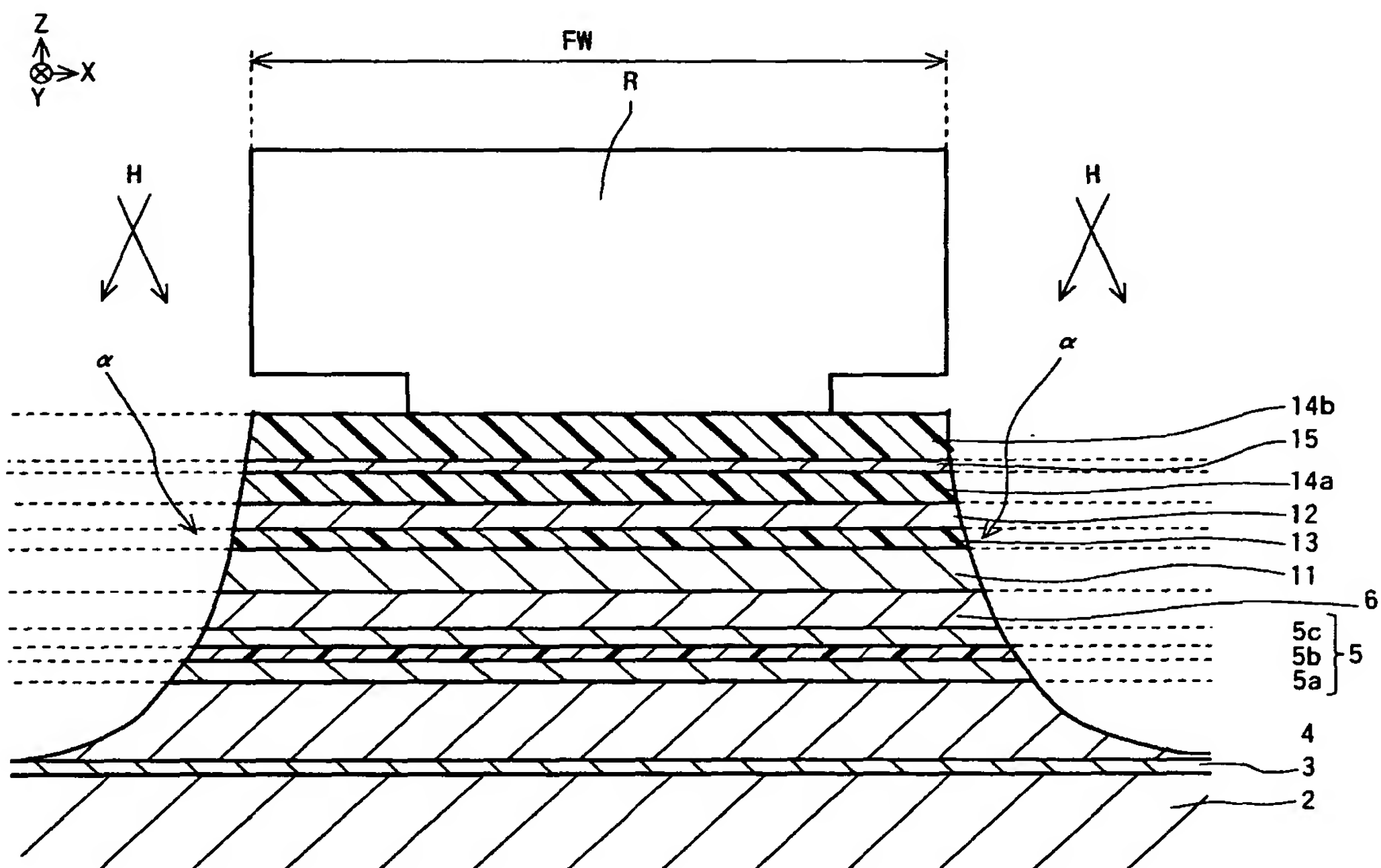
【図 1 1】



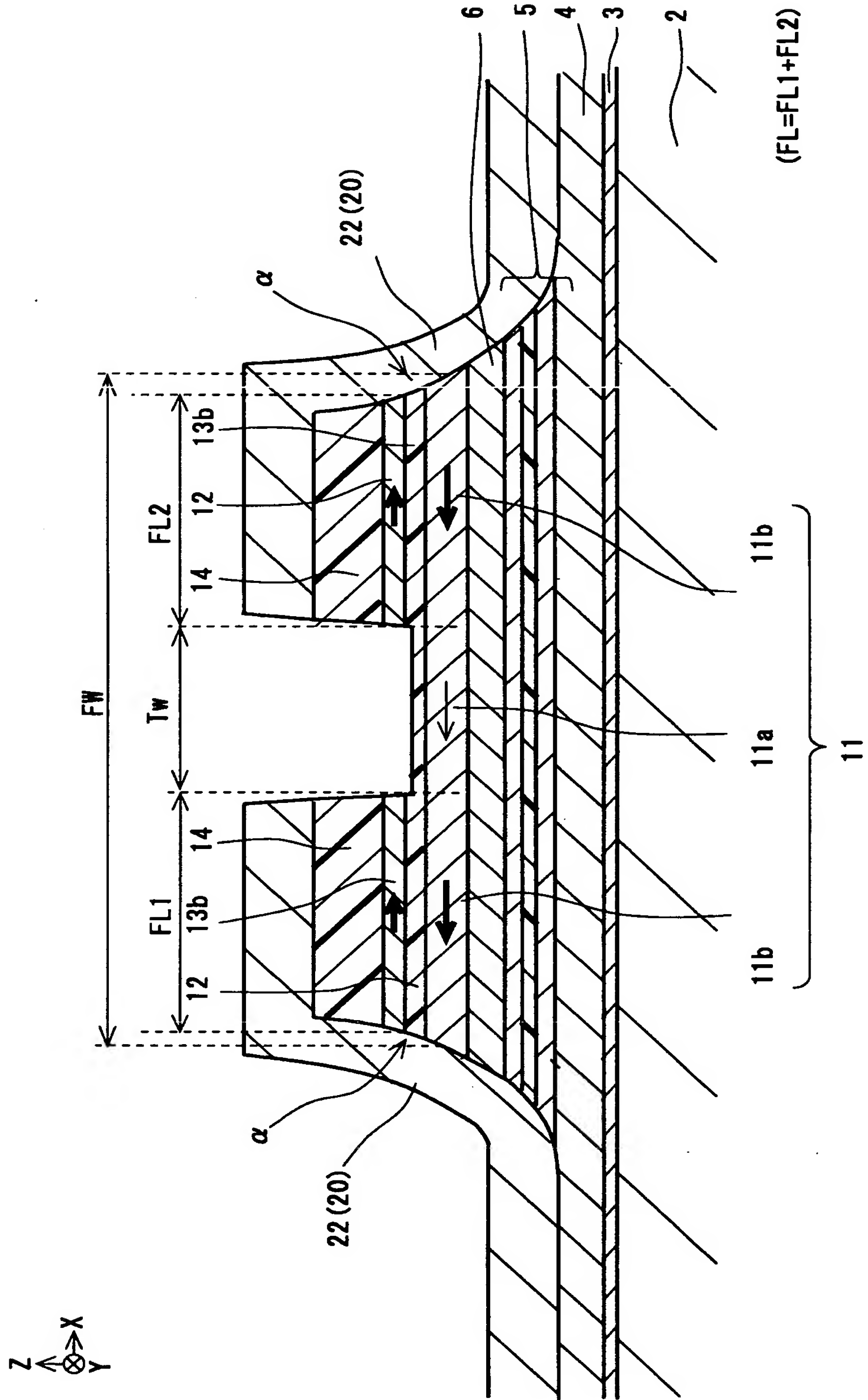
【図 1 2】



【図 1 3】

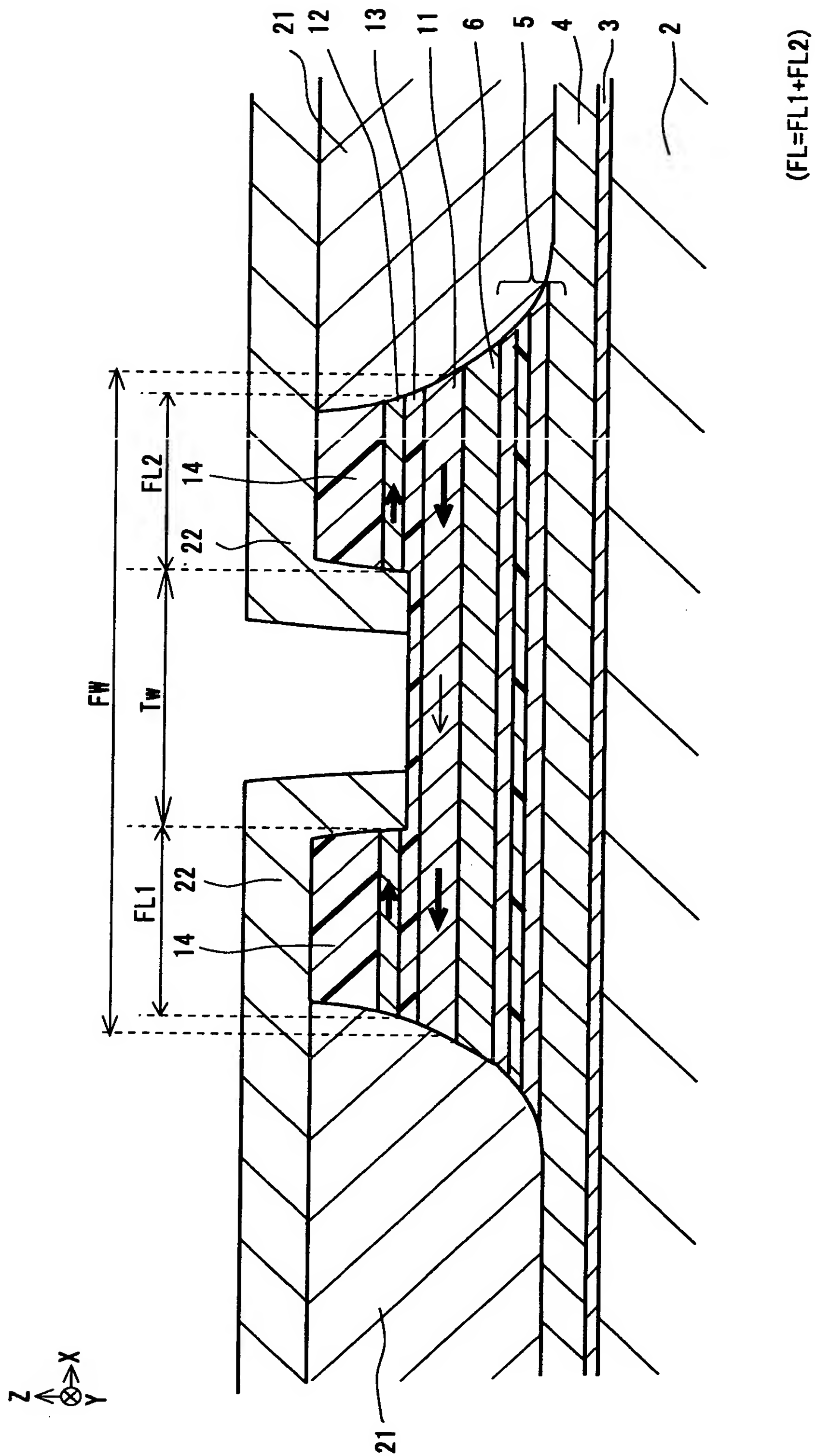


【図 1 4】





【図 1 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【目的】 狭トラック化が進められても出力感度を良好に確保できる巨大磁気抵抗効果素子及びその製造方法を得る。また、素子抵抗を低減可能な巨大磁気抵抗効果素子及びその製造方法を得る。

【構成】 第 1 反強磁性層 4 ; この第 1 反強磁性層 4 によって磁化固定された固定磁性層 5 ; 非磁性材料層 6 ; 外部磁界に応じて中央部 1 1 a の磁化方向が変化するフリー磁性層 1 1 ; 非磁性層 1 3 ; 非磁性層 1 3 の両側端部 1 3 b 上に形成された強磁性層 1 2 ; 強磁性層 1 2 の磁化方向を固定磁性層 5 の磁化方向と直交する方向に固定する第 2 反強磁性層 1 4 を備えた GMR 素子 1 において、非磁性層 1 3 を介してフリー磁性層 1 1 と強磁性層 1 2 の磁化方向を反平行とし、少なくともフリー磁性層 1 1、非磁性層 1 3 及び強磁性層 1 2 のトラック幅方向の両側端面を連続面 α とする。さらに、上記連続面 α に接して第 1 電極層 2 1 を設け、この第 1 電極層 2 1 及び第 2 反強磁性層 1 4 上に第 2 電極層 2 2 を設ける。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 2 - 2 3 8 3 1 9
受付番号	5 0 2 0 1 2 2 2 5 6 0
書類名	特許願
担当官	笹川 友子 9 4 8 2
作成日	平成 1 4 年 8 月 2 0 日

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成14年 8月19日

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 1 0 0 9 8]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 7 日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号
氏 名 アルプス電気株式会社